

**ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ**

---

**БУ ВО «СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

---

# **ЦИФРОВОЙ ЛЕСНИЧИЙ**

**Методическое пособие по реализации дополнительной  
общеобразовательной программы**

Сургут  
Издательский центр СурГУ  
2022

УДК 630(072)  
ББК 43я73  
Ц752

**Цифровой лесничий** : методическое пособие по реализации дополнительной общеобразовательной программы / сост. : А. М. Ахремчик ; Сургут. гос. ун-т. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2022. – 98 с.  
ISBN 978-5-89545-547-0

Методическое пособие содержит общие положения основных лесных дисциплин, основы по работе с беспилотными летательными аппаратами, материалы по обработке данных дистанционного зондирования Земли, а также информацию для самостоятельной подготовки к лекционным и практическим занятиям. Дополнением к данному пособию является учебное издание в форме рабочей тетради «Цифровой лесничий».

Методическое пособие разработано для преподавателей естественно-научных дисциплин, руководителей школьных лесничеств и может быть рекомендовано для широкого круга заинтересованных в получении новых знаний о лесе.

УДК 630(072)  
ББК 43я73

ISBN 978-5-89545-547-0

© Ахремчик А. М., составление, 2022  
© БУ ВО «Сургутский государственный университет», 2022

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Лесоведение и лесоводство .....	5
Морфология леса.....	13
Лесоводственно-таксационные признаки леса.....	19
Динамика леса .....	36
Экология леса .....	42
Классификация лесов.....	56
Тип условий местопроизрастания .....	61
Беспилотные летательные аппараты .....	66
Аэрофотосъемка .....	76
Дистанционное зондирование Земли .....	80
Работа с данными ДЗЗ .....	87
Организация проектно-исследовательской работы .....	94
Список источников.....	95

## ВВЕДЕНИЕ

Лесное хозяйство России, как и многие другие отрасли, встало на путь цифровой трансформации. Однако пройти его успешно и в короткие сроки не получится, поскольку любые инициативы в области цифровой трансформации лесопромышленного комплекса России невозможны без серьезного кадрового задела. Сформировать его был призван запущенный в 2020 г. конкурс «Цифровой лесничий» как часть образовательной программы глобальной инициативы «Дежурный по планете». Лесничий – это специалист по лесному хозяйству и лесоуправлению. Он отвечает за жизнь лесного хозяйства в целом. Термин «цифровой» означает возможности использования всего объема информационных технологий, находящихся в распоряжении почти любого современного специалиста. Поэтому «цифровой лесничий» – это специалист по лесу, использующий в своем профессиональном деле все необходимые информационные средства и технологии. Этот специалист хорошо разбирается не только в лесном хозяйстве, но и в технологиях.

В рамках конкурса школьники постигали новейшие технологии учета и наблюдения за лесом. Космические снимки, аэрофотосъемка, воздушное лазерное сканирование – участники конкурса не просто собирали эту информацию, но и учились дешифровать полученные данные. В результате всего за две недели ученики 8–11-х классов с нуля выросли в специалистов по сбору и обработке информации, создав описание леса в цифровом виде. Сейчас курс «Цифровой лесничий» является дополнительной общеобразовательной программой, основными задачами являются:

- формирование у обучающихся прикладных знаний в области лесного хозяйства, работы с данными лесного кадастра территории, интерпретация данных, работа со специальным инструментом;
- освоение навыков управления беспилотными летательными аппаратами, работы с данными дистанционного зондирования Земли;
- первичная профориентация обучающихся;
- обретение первичных навыков декомпозиции задач.

Методическое пособие предназначено для оказания помощи преподавателям при подготовке к занятиям по дополнительной образовательной программе «Цифровой лесничий».

В пособии представлены общие положения основных лесных дисциплин, основы по работе с беспилотными летательными аппаратами, материалы по обработке данных дистанционного зондирования Земли, а также информация для самостоятельной подготовки к лекционным и практическим занятиям.

Отличительная особенность курса «Цифровой лесничий» – фокус на практику. Для обеспечения наглядности, разнообразия заданий и лучшего усвоения теоретического материала в дополнение к данному пособию издан практикум: Цифровой лесничий / сост. : А. М. Ахремчик ; Сургут. гос. ун-т. Сургут : ИЦ СурГУ, 2022. 50 с.

Методическое пособие составлено с использованием теоретического и иллюстративного материала из следующих опубликованных учебных изданий: Лабоха К. В. Лесоведение. Минск : БГТУ, 2018. 264 с. ; Гриднев А. Н., Гриднева Н. В. Основы лесной биогеоценологии. Уссурийск : ПГСХА, 2016. 213 с. ; Беляева Н. В. и др. Лесоведение. СПб. : СПбГЛТУ, 2018. 84 с. ; Луганский Н. А. и др. Лесоведение ; Урал. гос. лесотех. ун-т. Екатеринбург, 2010. 432 с. ; Мартынов А. Н. и др. Основы лесного хозяйства и таксация леса. СПб. : Лань, 2008. 372 с. ; Мелехов И. С. Лесоводство. М. : МГУЛ, 2003. 320 с. ; Поздеев Д. А., Петров А.А. Таксация леса. Ижевск : Ижев. ГСХА, 2012. – 161 с. ; Салтыков А. Н. и др. Лесоведение, лесоводство, лесная типология. Симферополь : АРИАЛ, 2020. 141 с.

## ЛЕСОВЕДЕНИЕ И ЛЕСОВОДСТВО

Лес – важнейшая составная часть биосферы нашей планеты и его роль определяется не только огромным экономическим потенциалом, но и все возрастающим экономическим значением, вытекающим из способности леса благотворно влиять на окружающую человека среду.

Основные научные дисциплины, чей предмет изучения лес как таковой – лесоведение и лесоводство. Опираясь на них, можно составить общее, но одновременно обширное представление о лесе как о части природы. Рассмотрим некоторые основные моменты, рассматриваемые в указанных науках.

Лесоведение – научная дисциплина о природе леса, его биологии, экологии и классификации, закономерностях динамики в пространстве и времени.

Лесоводство – наука о природе леса, его целенаправленном выращивании и рациональном использовании.

Лесоведение является естественно-исторической основой лесоводства, его составной частью, по сути, оно представляет собой теоретическую основу лесоводства. Лесоводство – практическая часть, превращающая законы жизни и развития леса в принципы хозяйственной деятельности. Лесоведение изучает лес как природное явление в первую очередь для того, чтобы практика лесоводства могла правильно использовать его как объект хозяйственной деятельности.

Лесоведение как учение о лесе, о его природе оформилось в начале 20 века в недрах лесоводства. Основоположителем лесоведения является профессор Георгий Федорович Морозов (рис. 1). Его фундаментальный труд «Учение о лесе» не утратил своего значения и в настоящее время.



**Рис. 1. Фотография Г. Ф. Морозова**

До появления этого труда лесоводство, по мнению Морозова, представляло собой пеструю смесь эмпирических правил, лишь фрагментарно пронизанных научным элементом, то есть характеризовалось слабым участием науки и отсутствием точных научных основ.

Георгий Федорович высказывался о необходимости идти дальше и выделить совершенно обособленное учение о лесе из области «лесного искусства».

Так, Г. Ф. Морозов с успехом выполнил эту задачу, создав «Учение о лесе», являющееся научной основой современного лесоведения. В этой работе он блестяще показал, как

надо отделять учение о лесе от учения о воспитании и возобновлении леса, чтобы не смешивать элементы науки и элементы «искусства».

Лесоведение как естественно-историческая часть лесоводства, раскрывая природу леса, рассматривает вопросы биологии и экологии леса в целом и составляющих его комплексов, географические аспекты леса; изучает закономерности в процессах возобновления и формирования леса, изменяя характеристики леса в пространстве и во времени.

Современное лесоведение должно считаться с усилившимся влиянием человека на лес и с возросшим значением леса для человека. Предметом лесоведения становится природа не только девственного или мало тронутого человеком леса, но и сильно измененного им. Лес как объект лесоведения должен рассматриваться и изучаться в разрезе прошлого, настоящего и будущего. Динамичность – характерная черта леса.

Таким образом, лесоведение изучает леса:

- 1) как природное единство, основанное на взаимосвязях, происходящих внутри леса, так и между лесом и внешней окружающей его средой, рассматривает лес как важнейшую составную часть биосферы;
- 2) в развитии, динамике, изменениях его не только в пространстве, но и во времени;
- 3) в переходах от количественных изменений к изменениям качественным, в преемственности этапов развития леса.

Лесоведение можно представить как свод знаний самых различных дисциплин и ряда общих наук:

- экология;
- география;
- ботаника;
- дендрология;
- физиология растений;
- лесная метеорология;
- почвоведение;
- фитопатология;
- энтомология;
- таксация леса;
- лесная пирология;
- гидрология.

В изучении лесов все большую роль приобретают аэрокосмические методы и геоинформационные системы, обеспечивающие быструю обработку колоссального объема лесохозяйственной информации.

Использование космических снимков для изучения растительного покрова может помочь в решении ряда задач:

- 1) инвентаризация растительного покрова;
- 2) количественная оценка на основе спектральных индексов;
- 3) моделирование и прогнозирование распределения отдельных элементов растительного покрова;
- 4) оценка и картографирование параметров окружающей среды;
- 5) оценка пространственного распределения характеристик растительного покрова;
- 6) мониторинг и оценка изменений характеристик растительного покрова;
- 7) совместный ГИС-анализ данных дистанционного зондирования и других данных.

Доступность данных дистанционного зондирования позволяет оперативно получать информацию, развивать методы ее обработки, создавать информационные сети, без ограничения по территориальной или ведомственной принадлежности.

На аэрофотоснимке территории леса (рис. 2) отчетливо видны отдельные деревья, различим цвет листвы и параметры территории.



Рис. 2. Аэрофотоснимок (высота съемки 200 м)

### Понятие о лесе

Прежде всего, лес – продукт природы и ее составная часть. Поэтому, с каких позиций бы не подходить к лесу, исходное, ключевое определение его должно быть связано с природой. Значение леса многогранно.

В современный ГОСТ (ГОСТ 18486-87) вошло следующее определение леса: «Лес – элемент географического ландшафта, состоящий из совокупности деревьев, занимающих доминирующее положение, кустарников, напочвенного покрова, животных и микроорганизмов, в своем развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду».

Леса бывают естественные и искусственные. Леса естественного происхождения могут быть:

1) девственными, т. е. не тронутыми человеком и стихийными природными бедствиями (ураганами, пожарами от молний, вулканической деятельностью);

2) естественными, но создаваемыми природой при наличии стихийных природных и антропогенных влияний (пожары, ураганы, порубки и пр.), которые сказываются на возникновении, жизнедеятельности и росте леса (их можно назвать стихийно-естественными);

3) естественными, создаваемыми и регулируемым человеком с использованием сил природы на основе законов жизни леса, например, проведением рубки способами, обеспечивающими естественное возобновление подбором и оставлением семенных деревьев на вырубке.

*Лес* – это часть биосферы, элемент географического ландшафта, сырьевой возобновляемый ресурс. Как природную систему лес можно рассматривать с разных сторон, благодаря этому открываются разные стороны его природы. Ниже мы рассмотрим лес с самых разных сторон.

*В качестве заключения к каждому из рассмотренных аспектов предлагаются темы исследовательских (проектных) работ, которые ребята могут выбрать в течение определенного преподавателем времени. Варианты тем представлены в начале программы, чтобы учащиеся смогли выполнить предложенные работы. В зависимости от учебной нагрузки, собственных планов и представлений, преподаватель вправе изменить тему и время работы.*



## Лес как часть биосферы

Понятие леса как составной части биосферы – наиболее широкое и всеобъемлющее. Леса произрастают на всех континентах, кроме Антарктиды. Они покрывают около 30 % суши Земли и занимают более 4000 млн. га (рис. 3, 4, 5). Около половины лесов – тропические и субтропические. В России сосредоточено около 800 млн. га. Необходимо отметить, что за последние 10 тыс. лет на планете уничтожено около 2/3 всех лесов (следовательно, ранее леса занимали около 90 % всей суши).

Общая площадь земель, на которых расположены леса Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (далее – **ХМАО-Югры**), составляет 50 399,0 тыс. га (рис. 3), в том числе:

- земли лесного фонда – **49 351,7 тыс. га** (4,3 % от площади земель лесного фонда РФ и 44,1 % от площади земель лесного фонда Уральского Федерального округа);

- земли населенных пунктов, на которых расположены леса – **195,8 тыс. га** (14,5 % от лесов, расположенных на землях населенных пунктов РФ; 42,4 % от лесов, расположенных на землях населенных пунктов Уральского Федерального округа);

- земли особо охраняемых природных территорий – **851,5 тыс. га** (3 % от лесов, расположенных на землях особо охраняемых природных территорий РФ; 46 % от лесов, расположенных на землях особо охраняемых природных территорий Уральского Федерального округа).

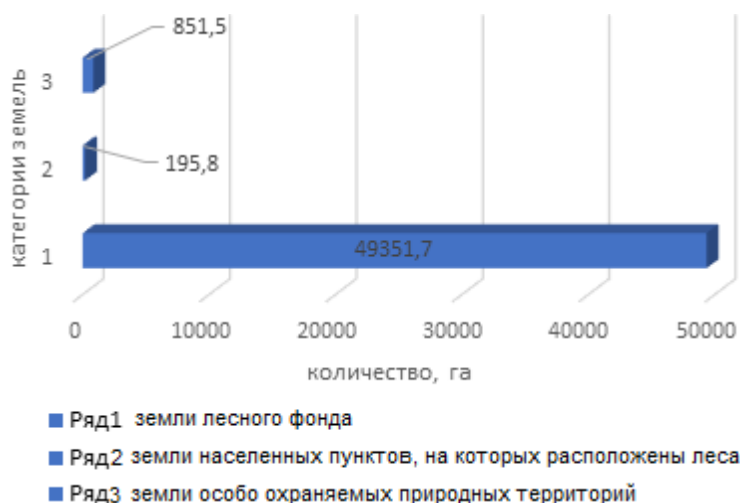


Рис. 3. Распределение земель, на которых расположены леса ХМАО-Югры

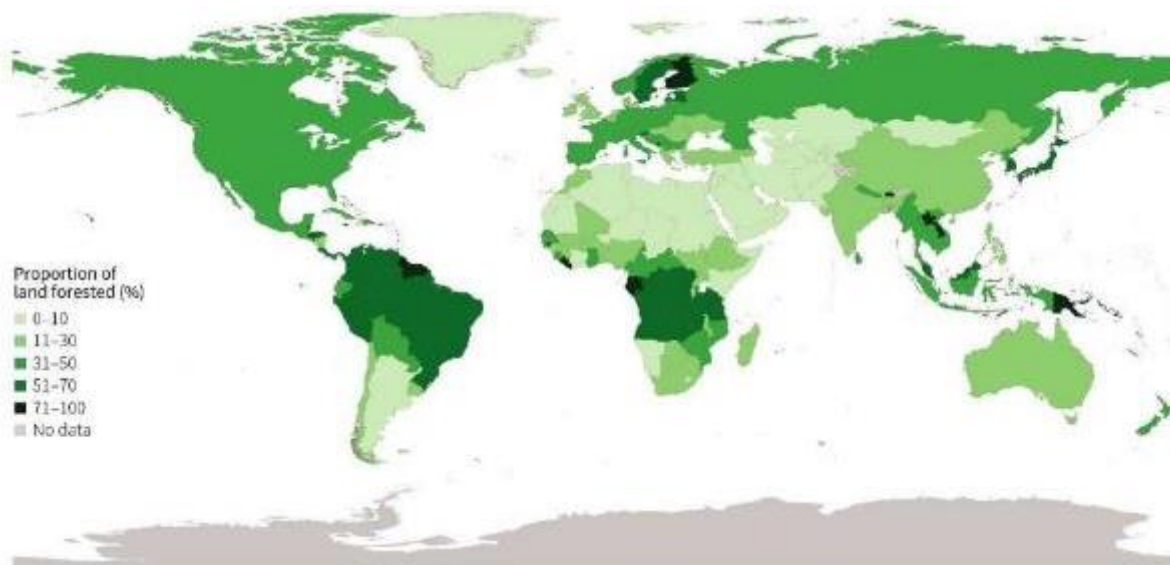


Рис. 4. Доля лесов по странам, 2020 г. (ФАО ООН)



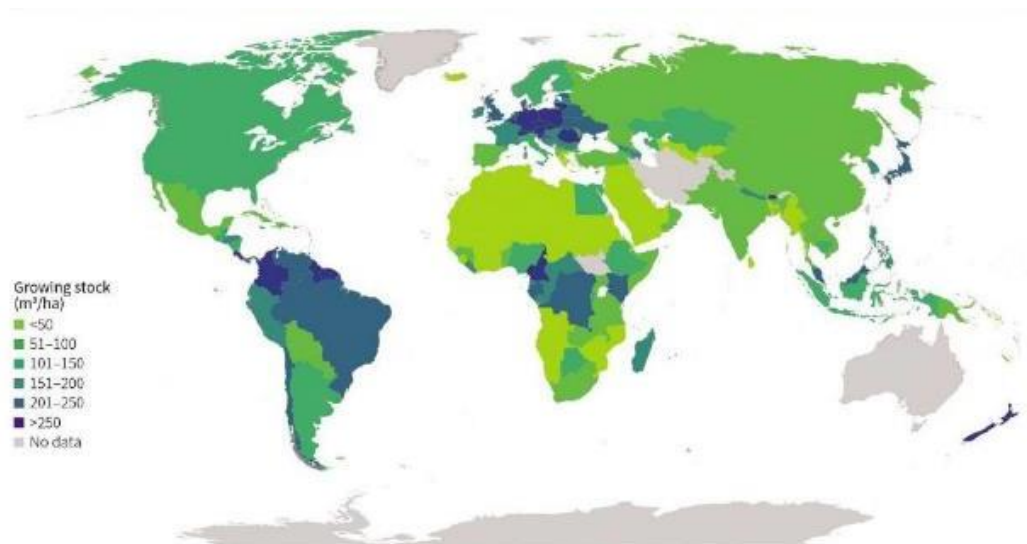


Рис. 5. Запас древесины по странам, 2020 г. (ФАО ООН)

### Темы проектов и исследований:

1. Глобальная проблема снижения концентрации кислорода.
2. Зависимость лесистости территории от климата.
3. Изменение площади лесов планеты в результате хозяйственной деятельности человека.
4. Изменение площади лесов России в результате хозяйственной деятельности человека.
5. Леса России и новое климатическое соглашение ООН.

### Лес как природно-зональное явление

Зональное распределение лесов по земной поверхности в направлении от полюсов Земли к экватору свидетельствует о большой зависимости лесной растительности от климата и от поступления на поверхность планеты солнечной радиации.

Примером зонального подразделения лесов являются: хвойные леса, занимающие огромные территории холодной зоны Северного полушария; смешанные хвойно-лиственные и лиственные летне-зеленые леса умеренной зоны; экваториальные дождевые леса и т. д. Внутри зон выделяют подзоны. Например, в зоне таежных (хвойных) лесов выделяются подзоны северной, средней и южной тайги (рис. 6).



Рис. 6. Распределение лесопокрываемых площадей на севере Евразии

### **Темы проектов и исследований:**

1. Характеристика хвойных (широколиственных, мелколиственных или смешанных) лесов России (ХМАО-Югры).
2. Особенности лесистости территории России. Зависимость залесенности территории от климатических (антропогенных, хозяйственных, промышленных) факторов.
3. Особо охраняемые территории России (ХМАО-Югры) как пример сохранения уникальных зональных лесных комплексов.
4. Типы лесов на территории ХМАО-Югры (практическая часть: картосхема для грибников).
5. Атлас древесных пород ХМАО-Югры.
6. Леса России на полотнах русских художников.
7. Леса как часть культурного ландшафта: лес в русских народных сказках.

### **Лес как лесной массив**

Долгое время в лесохозяйственной практике не было четкого и устоявшегося определения таких понятий, как «лесной массив» и «лесной покров». В обыденной речи они являются синонимами, однако в рамках лесного хозяйства эти термины следует различать.

Лесной массив – обособленная территория с древесной и иной растительностью, *является частью* лесного покрова. Лесные массивы выделяют исходя из породного состава: сосновые леса, еловые леса, дубовые леса, березовые леса и т. д.

Под лесным покровом понимают участки лесной территории какого-либо ландшафта, состоящего из множества типов лесорастительных условий, покрытых совокупностью лесных сообществ, представляющих собой возрастные этапы различных форм динамики лесообразовательного процесса, образующие отдельные лесные массивы.

Лесные массивы независимо от размера могут быть любой сложности, образованные одним типом насаждений или множеством участков, относящихся к различным типам насаждений. В связи с этим наименьшей территориальной единицей лесного покрова следует признать лесной массив – участок, занятый лесом какого-либо одного типа насаждений (в понимании генетической типологии).

### **Темы проектов и исследований:**

1. Учет урожайности лесных пород и плодов.
2. Лесная политика России.
3. Низкая гражданская активность населения в отношении проблем леса.
4. Возможности становления экологически чувствительного лесного рынка в РФ.
5. Уникальные лесные массивы ХМАО: экскурсии по особо охраняемым природным территориям (далее – ООПТ).

### **Лес как насаждение (лесной фитоценоз)**

Насаждение (лесной фитоценоз) – совокупность растительных компонентов в условиях определенной среды. Для лесного насаждения характерна прежде всего древесная растительность. Лес как биоценоз – огромный и сложный мир, состоящий из организмов, входящих в сообщества – ценозы (фитоценоз – растительное сообщество, зооценоз – сообщество животных, микробоценоз – сообщество микроорганизмов).

Лесной биоценоз, формируясь под взаимовлиянием живой материи (био-) и косных условий среды (гео-), сам оказывает на среду преобразующее действие. Биоценоз и условия среды представляют собой природное явление, которое составляет биогеоценоз.

Одиночные деревья на пашне или луге не представляют собой насаждения, как и лесного массива. Один из основных признаков насаждения – целостный земельный участок, занятый древесной растительностью и древесный полог, характеризующийся сомкнутостью и полнотой древостоя. Деревья, входящие в насаждение, значительно отличаются от своих ровесников, выросших на открытом месте по форме ствола, кроне, качеству древесины и ее строению.

### Темы проектов и исследований:

1. Особенности роста древостоев в разных условиях.
2. Влияние рекреации на развитие компонентов леса и процессы деградации леса.
3. Влияние технологических процессов на развитие искусственных лесных насаждений.
4. Расследование незаконных рубок лесных насаждений.
5. Урожайность недревесной продукции леса в зависимости от лесорастительных условий.

### Лес как биогеоценоз (тип леса)

Биогеоценоз – сложная незамкнутая система живых и косных компонентов природы, взаимодействующих путем обмена веществом и энергией в пределах однородного участка земной поверхности (рис. 7).

Это определенный природный объект, занимающий определенное пространство, отделенный конкретными пространственными границами от таких же смежных объектов и являющийся структурной единицей биосферы.

Роль отдельных компонентов биогеоценоза неравнозначна и специфична. Особое значение в структуре и функционировании биогеоценоза имеют зеленые растения. Они производят основную массу первичного органического вещества, энергию которых используют сами растения и все гетеротрофы, которым она передается по цепям питания от одного трофического уровня к другому. Путем фотосинтеза и дыхания зеленые растения поддерживают баланс кислорода и углекислого газа в атмосфере, а благодаря транспирации участвуют в миграции и балансе воды, обуславливают перераспределение и миграции химических элементов почвы. Сообщества зеленых растений определяют облик биогеоценоза, его пространственные границы, размещение в биогеоценозах животных и микроорганизмов, т. е. его структуру и характер энергетического и материального баланса.

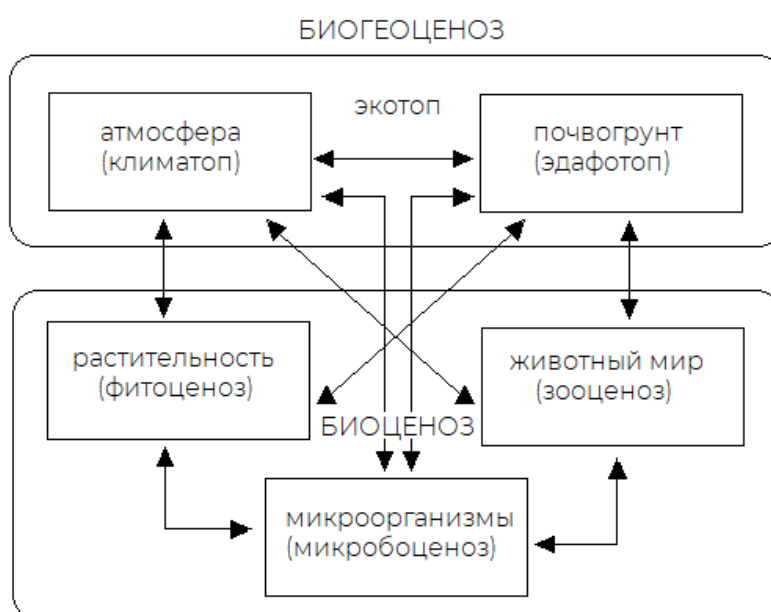


Рис. 7. Схематическое изображение биогеоценоза

Лесные биогеоценозы (по В. Н. Сукачеву) – участки леса, однородные на известном протяжении по составу, структуре, свойствам слагающих его компонентов и по взаимоотношениям между ними, т. е. однородные по растительному покрову, по населяющему его животному миру и миру микроорганизмов; по поверхностной горной породе и по гидрологическим, микроклиматическим и почвенным условиям и по взаимодействиям между ними; по типу обмена веществ и энергии между его компонентами и другими явлениями природы.

Близкие по своему характеру участки лесных биогеоценозов можно объединить в определенный тип *лесного биогеоценоза*, который в лесохозяйственной практике называется **типом**

леса (рис. 8). Компоненты биогеоценоза по своей роли в нем неоднозначны. Так, несмотря на мощное влияние микробоценоза и зооценоза на существование растительности, древостой играет ведущую роль. Он является связующим звеном в биологической системе «лес». Древостой – экологическая доминанта среди компонентов леса, эдификатор (создатель).



Ельник брусничный



Ельник зеленомошный



Ельник хвоцево-сфагновый

Рис. 8. Типы леса

#### Темы проектов и исследований:

1. Санитарное состояние древостоев для назначения необходимых санитарно-защитных работ.
2. Естественное возобновление леса после пожара, рубки, гибели.
3. Изучение кормовой базы лесных животных и птиц.
4. Развитие лесных вредителей.

#### Лес как лесной таксационный выдел

Лесной фонд состоит из отдельных массивов. Составляющими являются не только насаждения, но и другие разновидности лесных земель. Таксация представляет собой ряд мероприятий, направленных на всестороннее исследование зеленых насаждений в периметре установленной территории. Таксацию проводят при подготовке лесосек под вырубку. Она позволяет получить точные сведения об исследуемой местности для составления итоговой оценки.

Лесной таксационный выдел – участок леса, однородный по таксационной характеристике и хозяйственному значению, на всей площади которого необходимы одинаковые лесохозяйственные мероприятия. Каждый таксационный выдел характеризуют в таксационном описании и изображают его на планшетах и планах лесонасаждений. Минимальный размер таксационного выдела зависит от дробности или разряда лесоустройства и не может быть, как правило, менее 0,1 гектара.

Лесохозяйственное районирование – расчленение территории на части по различию природных и экономических условий с ясно выраженными особенностями ведения лесного хозяйства (табл. 1).

Таблица 1

#### Лесохозяйственное районирование лесного фонда России

Регион	Лесохозяйственная область	Лесохозяйственный округ*
Европейская часть России	Равнинные леса	Притундровых лесов, северотаежных лесов, среднетаежных лесов, южнотаежных лесов, хвойно-широколиственных лесов, лесостепной
	Северный Кавказ	Западнокавказский, северокавказский
	Урал	Североуральский, среднеуральский, южноуральский



Регион	Лесохозяйственная область	Лесохозяйственный округ*
Сибирь	Западно-Сибирская равнина	Притундровых лесов, северотаежных лесов, среднетаежных лесов, южнотаежных лесов, подтаежно-лесостепной
	Среднесибирская	Притундровых лесов, северотаежных мерзлотных лесов, северотаежных лесов, южнотаежных и горнотаежных лесов, подтаежно-лесостепной
	Восточно-Сибирская горно-равнинная мерзлотная	Притундровых лесов, северотаежных лесов, среднетаежных лесов
	Алтае-Саянская горная	Горно-лесостепной, горно-черневой, горно-таежный
	Забайкальская горно-мерзлотная	Северозабайкальский, Байкальский, Южнобайкальский
Дальний восток	Колымско-Чукотская	Колымско-Анадырский, Тенькинский, Гижигинско-Корякский
	Камчатская	Камчатско-Прибрежный, Центрально-Камчатский
	Джугжурская	Ясно-Охотский, Аянский
	Становая	Становой
	Среднеамурская	Амуру-Зейский, Зее-Бурятский
	Амуру-Сихоте-Алинская	Чумиканский, Берджальский, Нижне-Амурский, Средне-Сихоте-Алинский
	Сахалинская	Темь-Поранайский, Татаро-Анивский
	Приморско-Уссурийская	Комсомольский, Биджан-Уссурийский, Южно-Сихоте-Алинский
	Хасан-Ханкайская	Ханкайский, Уссури-Раздольненский
Южно-Курильская	Южно-Курильский	

Примечание: \* – в пределах лесохозяйственных округов могут выделяться лесохозяйственные районы.

## МОРФОЛОГИЯ ЛЕСА

Морфология леса – раздел лесоводства о составе, форме, строении и структуре леса, его основных составляющих и их лесоводственных особенностях.

Основу леса составляют **лесообразующие** древесные породы, т. е. породы, способные в пределах своего ареала образовывать верхний ярус. Древесная порода – это род и вид древесных растений. В таежной зоне преобладают ель, пихта, лиственница, кедр сибирский (рис. 9), что обусловлено климатическими условиями данной местности, коротким летом и суровой зимой.

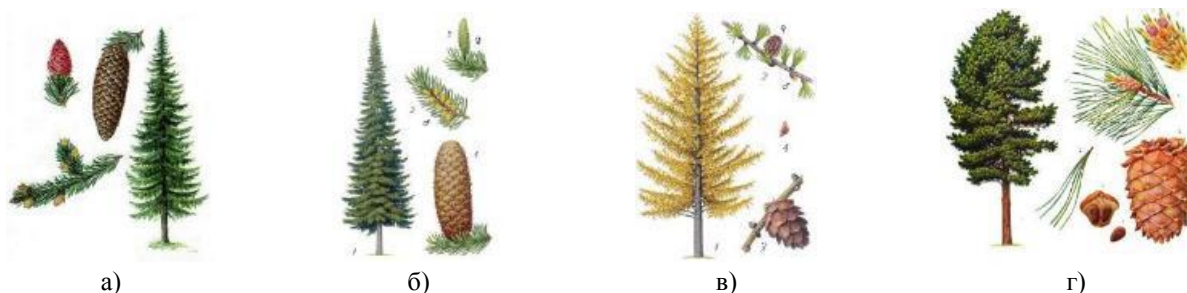


Рис. 9. Преобладающие древесные породы в таежной зоне: а – ель обыкновенная; б – пихта сибирская; в – лиственница сибирская; г – сосна сибирская кедровая (кедр сибирский)

Лес не является однородным даже на относительно небольшом протяжении земной поверхности. Встречаются то сосновые, то березовые, то еловые древостои, то состоящие из одной древесной породы, то из нескольких. Деревья могут быть старыми или молодыми. Отдельные участки леса могут быть приурочены к вершинам, склонам или подножиям увалов, переувлажненным местоположениям и т. д.

Число пород может быть от одной до многих десятков (например, в тропических широтах). Роль различных древесных пород-лесообразователей как с хозяйственно-экономической,

так и с биолого-лесоводственной стороны не одинакова. Они отличаются по продуктивности, ценности древесины, положению в пологом, выполнению при совместном произрастании лесоводственных функций, долей участия в составе древостоев и другими свойствами и признаками.

Различные требования к древесным породам предъявляет народное хозяйство. По отдельным регионам страны приоритеты по хозяйственно-экономической ценности пород различны. Наиболее ценная древесная порода, т. е. порода, которая в данных экономических и лесорастительных условиях (табл. 2) в наибольшей степени отвечает хозяйственным целям, называется **главной древесной породой**.

В одном регионе главными одновременно могут быть несколько древесных пород.

В каждом конкретном регионе древесные породы, которые произрастают совместно с главными, но имеют меньшую хозяйственную и экономическую ценность, называются **второстепенными древесными породами**. Главные и второстепенные древесные породы в зависимости от спроса на их древесину могут меняться местами. Кроме того, в лесу могут произрастать породы-лесообразователи, не отвечающие хозяйственным и экономическим целям в конкретных экономических и лесорастительных условиях. Они называются **нежелательными древесными породами**. Иногда совместно с лесообразователями произрастают древесные породы, не выходя в I ярус, оставаясь во II или III ярусах, а иногда и в подлеске. Такие породы называются **сопутствующими**. Доля участия пород-лесообразователей в древостоях варьирует от чистого варианта, когда представлена одна древесная порода, до различного соотношения пород. **Преобладающей** древесной породой является та, которая представлена в наибольшей степени или по запасу древесины от суммарного ее количества на единице площади или по числу деревьев. Различают породы **господствующие**, которые, не являясь преобладающими, имеют ведущее влияние (экологическое, лесоводственное) на участке леса.

Таблица 2

**Виды производств и главные древесные породы им соответствующие**

Вид производства	Названия древесных пород, используемых в этом производстве
Высококачественная древесина для строительства, выработки шпал, переработки на пиломатериал	Сосна и ель
Древесина для мебельного производства	Дуб
Древесина для получения фанерного кряжа	Дереза
Древесина для спичечного производства	Осина
Древесные породы, необходимые при организации пчеловодства	Липа
Древесные породы, необходимые для получения орехов	Кедр
Породы универсальные, всегда имеющие высокую ценность	Сосна, ель, дуб
Древесные породы, обеспечивающие организацию рекреационной деятельности	Все древесные породы главные, т. к. они все выполняют декоративные, эстетические, санитарно-гигиенические и др. функции

Существует хозяйственно-биологическая классификация деревьев, согласно которой все деревья по их хозяйственно-биологическим признакам распределяются на три категории: I – лучшие, II – вспомогательные, III – нежелательные (рис. 10).

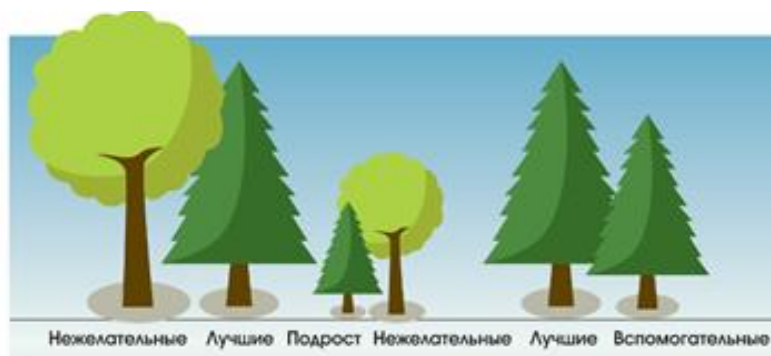


Рис. 10. Хозяйственно-биологическая классификация деревьев

**Лучшие деревья** должны быть здоровыми; иметь прямые, полндревесные, достаточно очищенные от сучьев стволы, хорошо сформированные кроны, хорошее укоренение и предпочтительно семенное происхождение; отбираются преимущественно из деревьев главной породы. В сложных лесных насаждениях такие деревья могут находиться в любом ярусе древостоя.

К **вспомогательным** относятся деревья, способствующие очищению деревьев от сучьев, формированию крон, выполняющие почвозащитные и почвоулучшающие функции. Вспомогательные деревья могут находиться в любой части полога лесных насаждений, но преимущественно во втором ярусе.

К **нежелательным** деревьям (подлежащим рубке) относятся:

а) мешающие росту и формированию крон отобранных лучших и вспомогательных деревьев (охлестывающие их, затеняющие, мешающие нормальному развитию крон и т. д.); поврежденные вредными организмами, животными и иными воздействиями;

б) с неудовлетворительным качеством ствола и кроны (искривленные, с сучками-пасынками, большим сбегом ствола, эти деревья не играют полезной роли в насаждении, их вырубка не ведет к образованию прогалин); деревья, подлежащие рубке, могут находиться во всех частях полога насаждения.

Лес – часть географического ландшафта, состоящая из совокупности деревьев, занимающих доминирующее положение, кустарников, напочвенного покрова, животных и микроорганизмов, в своем развитии биологически взаимосвязанных, влияющих друг на друга и на внешнюю среду.

Основными составляющими леса являются растительные компоненты: древостой, подрост, подлесок, живой напочвенный покров, внеярусная растительность, мертвый напочвенный покров, отпад.

Компоненты лесного насаждения – это все слагающие его структурные части, группы, элементы, это вертикальная структура насаждений (рис. 11, 12). Основу насаждений составляет совокупность деревьев – древостой. Древостой перераспределяет свет, тепло, влагу, проявляет большую конкуренцию по отношению к другим структурным подразделениям. Он же источник получения древесины. **Древостой** – совокупность деревьев, образующих более или менее однородный лесной участок, являющийся основным компонентом насаждения.

Древесные виды, находясь под пологом главных пород (обычно это виды теневыносливые и медленнорастущие), способствуют усилению темпов роста деревьев главных пород, ускоренному очищению их от сучьев, улучшению формы ствола.

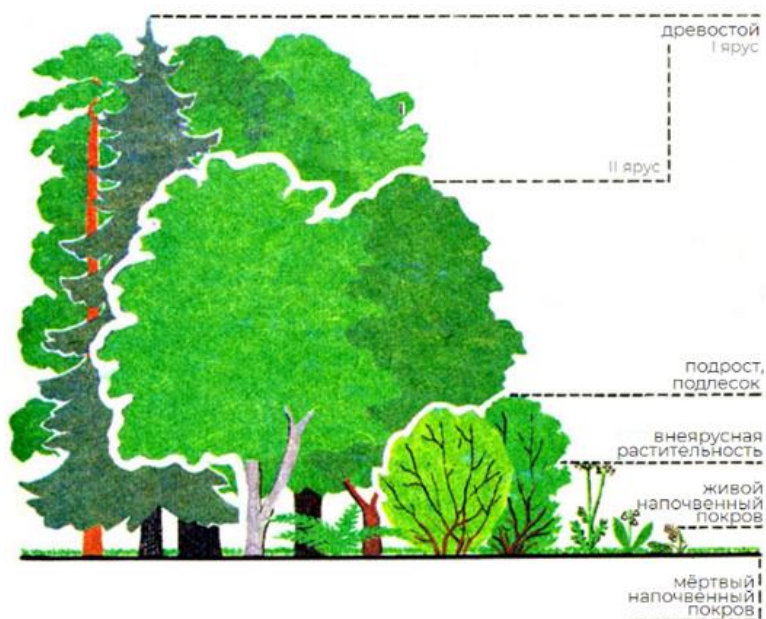


Рис. 11. Схематичное изображение компонентов лесного насаждения





Рис. 12. Компоненты лесного насаждения

**Подрост** – молодое поколение древесных растений под пологом древостоя или на непокрытых лесом землях, способное образовать новый древостой. К подросту относится поколение древесных растений старше двух-пяти лет, а в условиях севера – старше десяти лет, до образования молодняка или яруса древостоя. Как правило, состав подроста соответствует составу древесных пород в древостое. Однако отмечаются случаи, когда в подросте появляются другие породы (например, кедр сибирский при переносе семян птицей кедровкой, ель и пихта – в сосняках и т. п.). Появляется подрост в насаждении, когда древостой самоизреживается до состояния, при котором возможно произрастание подроста. Обычно это совпадает с началом плодоношения деревьев. К подросту относятся растения пород-лесообразователей высотой не более 1/2 высоты древостоя.

К подросту относят не всякое деревце, а только сравнительно крупное – от одного до нескольких метров в высоту. Более мелкие деревца называют всходами или самосевом.

Отдельные экземпляры подроста могут сильно различаться по высоте – от низкорослых до сравнительно крупных.

В лесу почти всегда есть какое-то количество подроста. Иногда его много, иногда мало. И расположен он нередко небольшими скоплениями – куртинами (компактная обособленная группа однородных насаждений).

Для того чтобы в лесу появился подрост той или иной древесной породы, необходимы определенные условия. Важно, чтобы на почву попали доброкачественные семена, способные прорасти. Должны быть, конечно, благоприятные условия для их прорастания. Требуются определенные условия для выживания всходов и их последующего нормального роста. Если в этой цепочке условий не хватает какого-то звена, то не появляется и подрост. В лесу лишь очень малая доля опавших на землю семян дает начало всходам. Подавляющее большинство семян погибает. Неудивительно, что наши деревья производят огромное количество семян (например, береза многие миллионы на одном гектаре). Ведь только при такой странной, на первый взгляд, расточительности есть возможность оставить потомство.

При благоприятных условиях подрост со временем превращается во взрослые деревья. Деревья, выросшие из подроста, лучше всего приспособлены к местным природным условиям, наиболее стойки к разнообразным неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Кроме того, это самые сильные экземпляры, выжившие в суровой конкурентной борьбе, которая всегда наблюдается между деревьями в лесу, особенно в более молодом возрасте.

Итак, подрост – одна из важных составных частей лесного растительного сообщества. Молодые деревца при благоприятных условиях могут прийти на смену старым, погибшим деревьям. Именно так происходило в природе на протяжении многих веков и тысячелетий, когда лес мало подвергался воздействию человека.

**Подлесок** – кустарники, реже деревья, произрастающие под пологом леса и неспособные образовать древостой или войти в состав древостоя в конкретных лесорастительных условиях.

До подлеска доходит гораздо меньше света, поэтому образующие его растения тенелюбивы и выполняют фотосинтез при ограниченном освещении. Влажность в подлеске также выше, чем на открытых участках. Полог задерживает солнечное излучение, уменьшая температуру поверхности земли и, соответственно, интенсивность испарения. Высокая влажность позволяет расти грибам и другим редуцентам. Благодаря этому подлесок играет большую роль в жизни леса – влияет на формирование стволов деревьев, способствует очищению их от сучьев, а также влияет на микроклимат и почву леса. В водоохранных лесах подлесок скрепляет почву и защищает берега озер и рек от размыва.

На территории ХМАО в подлеске широко представлены шиповники, жимолость, ива, малина, можжевельник, рябина, калина, роза иглистая и др. Подлесок в насаждении выполняет многогранную положительную роль: корневыми системами укрепляет почву, предотвращая эрозию, что особенно важно в горах; задерживает снег и замедляет его таяние весной; способствует переводу талых вод из поверхностного стока во внутрпочвенный, подержанию почвы в рыхлом состоянии; улучшает почвообразовательный процесс и обогащает почву питательными элементами; накапливает в симбиозе с микоризой азот (раkitник, ольха серая, акация желтая и др.); является источником лекарственного и технического сырья, пищевых ресурсов, кормовых ресурсов для зверей и птиц, орехов, плодов и ягод; противостоит развитию травянистой растительности и задернению почвы; препятствует распространению пожаров. Однако подлесок может проявлять и отрицательную роль в насаждении. При мощном развитии он перехватывает свет, препятствует появлению и росту подроста, в большом количестве можжевельник может способствовать переходу низового пожара в верховой и др.

**Живой напочвенный покров** – совокупность мхов, лишайников, травянистых растений, кустарничков и полукустарничков, произрастающих на лесопокрытых и не покрытых лесом землях. Живой напочвенный покров может рассматриваться отдельно по группам растений:

- травяной покров – совокупность травянистых растений;
- травяно-кустарничковый покров – совокупность травянистых растений и кустарничков (брусники, черники, клюквы);
- моховой покров образуют соответственно мхи;
- лишайниковый покров – лишайники.

Видовое разнообразие живого напочвенного покрова и его развитие определяются как плодородием условий произрастания, так и структурными особенностями насаждений (табл. 3). Чем лучше условия произрастания, тем более разнообразен покров и мощнее его развитие. В насаждениях лимитирующим фактором развития живого напочвенного покрова является свет. Чем его меньше, тем большую долю в составе получают теневыносливые виды. При количестве света в насаждении у поверхности почвы до 1 % по отношению к открытому месту живой напочвенный покров отсутствует (в чистых высокополнотных ельниках, например). В силу различной требовательности к лесорастительным условиям представители живого напочвенного покрова могут служить в качестве индикаторов.

Таблица 3

### Разнообразие живого напочвенного покрова

Представители живого напочвенного покрова	Лесорастительные условия
Лишайники, кошачья лапка, ястребинка волосистая	Сухость и низкая трофность почв
Брусника	Почвы суховатые
Черника	Почвы влажные
Кукушкин лен	Ухудшенный дренаж и повышенная влажность
Кассандра, голубика, сфагнум	Заболоченные почвы
Осоки	Улучшенный дренаж и аэрация переувлажненных почв
Широколиственное разнотравье (герань лесная, чина весенняя, клевер люпиновидный и др.)	Достаточно высокотрофные и дренированные почвы
Медуница, сныть	Плодородные почвы
Кипрей	Почвы, где происходит нитрификация
Теневыносливые виды уступают место светолюбивым видам	Сплошные вырубki и гари

Живой напочвенный покров выполняет многогранную роль: скрепляя почву корнями, защищает ее от размыва; то улучшает, то ухудшает почвообразовательный процесс; при большом развитии препятствует появлению и росту подроста; то улучшает температурный режим приземного слоя воздуха и почвы (широколиственные виды), то ухудшает его (вейник лесной, осоки); является источником пищевого, технического и лекарственного сырья, а также кормом для диких и домашних животных и птиц; препятствует распространению огня (будучи в растущем состоянии), в то же время в сухом виде представляет собой легковоспламеняющийся горючий материал.

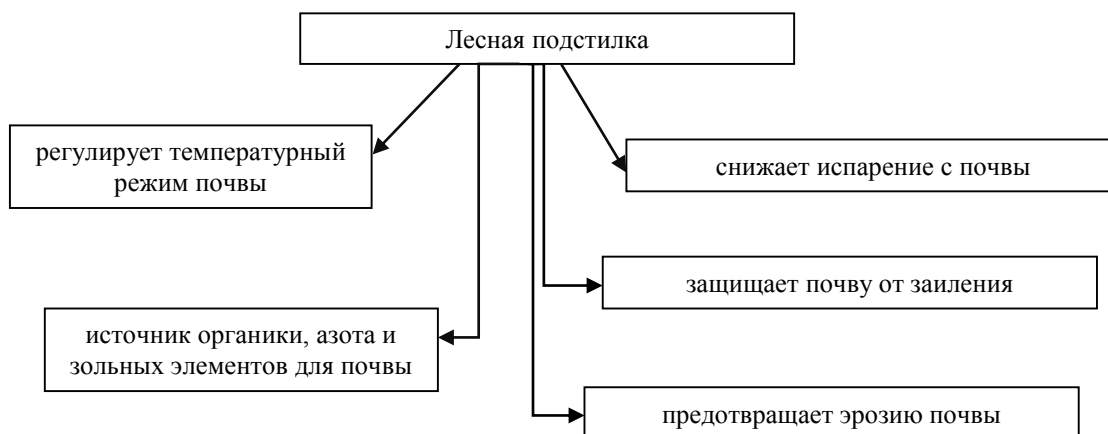
**Внеярусная растительность** – растительность, не имеющая строго определенного яруса или меняющая его в течение вегетационного периода: лианы, мхи и лишайники на стволах деревьев (рис. 13). В таежной зоне из травянистых видов – хмель, княжик сибирский и др. Особую внеярусную группу составляют эпифитные (живущие на различных частях растений) лишайники, мхи, грибы



**Рис. 13. Примеры внеярусной растительности:**

а – накипные лишайники; б – трутовик настоящий; в – листовые лишайники

**Мертвый напочвенный покров** формируется за счет лесного опада. Лесной опад – ежегодно поступающая на почву отторгаемая насаждениями органическая масса (листья, хвоя, ветви, сучья, плоды, семена, кора, надземная часть живого напочвенного покрова). Опад не успевает за год перегнить, образуя слой мертвого органического вещества, расположенного на минеральной части почвы, который находится на разных стадиях разложения. Этот слой представляет собой лесную подстилку (рис. 14).



**Рис. 14. Основные функции лесной подстилки**

В лесной подстилке обитают многие представители живых организмов и микрофлоры. В отношении подроста подстилка то препятствует его появлению и росту, где она мощная, то, наоборот, способствует, выполняя защитную роль на стадии прорастания семян и роста всходов. Ее мощность в подзонах средней и южной тайги в основном варьирует в пределах до 10 см. В северной подзоне тайги мощность лесной подстилки может достигать 30 см. Южнее от тайги лесная подстилка имеет меньшее развитие, поскольку в этих условиях

она быстрее разлагается. В тропических лесах по причине быстрого разложения лесная подстилка не формируется.

Выделяют три вида лесной подстилки:

- мульч (мягкий перегной) имеет небольшую мощность (1–2 см), хорошо и быстро разлагается, рыхлая, с хорошей аэрацией. Биологическая активность подстилки высокая, она насыщена живыми организмами;

- мор (грубый перегной) характеризуется грубым гумусом, мощная (более 5 см), слабо разложившаяся. Представлена войлоком, легко отделяемым от минерального слоя почвы. Биологическая активность подстилки низкая, червей, как правило, нет, аэрация слабая;

- модер – занимает промежуточное положение по всем показателям.

Компоненты не всегда могут встречаться в насаждениях одновременно в полном наборе. Может не быть то подлеска, то подроста, подгона или внеярусной растительности, то нескольких компонентов сразу. Все компоненты насаждения, расположенные над поверхностью почвы, условно составляют надземную часть. Подземная часть включает почву, корневые системы растений, подстилающую породу, биоту почвы.

## ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ ЛЕСА

Представляют собой совокупность внешних признаков лесного фитоценоза. Для проведения лесохозяйственных работ в лесу и его эксплуатации необходимы точные показатели, характеризующие вполне определенные свойства леса и его компонентов.

Основные морфологические признаки: происхождение, форма древостоя, состав насаждения, сомкнутость, полнота, густота, возраст, бонитет, товарность, тип условий произрастания, тип леса.

### Происхождение

По происхождению различают естественные и искусственные насаждения (культуры) семенного и порослевого (вегетативного) происхождения (рис. 15, 16).



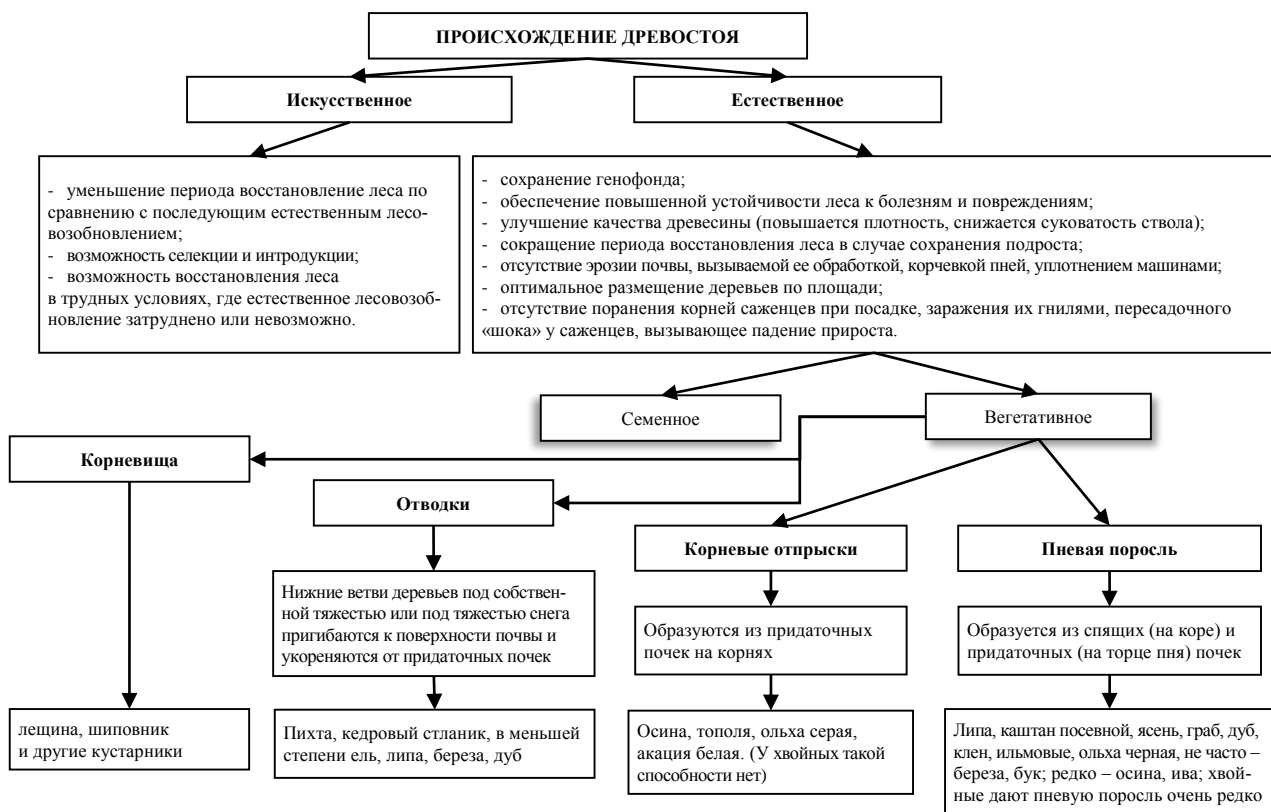
**Рис. 15. Естественные и искусственные насаждения (культуры):**  
а – искусственные насаждения (культуры); б – естественные насаждения

Леса естественного происхождения занимают огромные площади севера страны, Урала и Сибири. Они подразделяются на семенные и порослевые (вегетативные).

Семенами размножаются все древесные породы, вегетативным путем – преимущественно лиственные.

Существенное отличие семенных деревьев от порослевых заключается в большей продолжительности жизни. Семенные насаждения растут медленнее, но рост их длится дольше, чем порослевых. Древостой семенного происхождения более устойчив к неблагоприятным условиям среды, меньше подвержен грибным заболеваниям, дает больший выход деловых сортиментов, чем древостой вегетативного происхождения.





**Рис. 16. Происхождение древостоя**

У семенных деревьев древесина отличается более высоким качеством (клеточные стенки толще, доля поздней древесины больше).

Репродуктивная способность деревьев и кустарников наступает в разные сроки – при достижении определенной стадии развития, определяемой генетическими факторами и онтогенезом данного индивидуума. Лесные растения плодоносят не ежегодно, и урожаи семян из года в год бывают неодинаковыми.

Процесс формирования семян сложен и продолжителен (рис. 17). Он зависит от многих факторов, влияющих на состояние зрелого семени.



**Рис. 17. Виды семян различных древесных пород**

Большую роль в урожае семян играют погодные условия, особенно во время цветения и созревания. Из климатических и погодных факторов наиболее сильное влияние на урожай оказывает температура воздуха. Чем благоприятнее климатические условия, тем чаще и обильнее плодоносят лесные деревья, и наоборот, чем суровее климат, тем реже урожай и ниже качество семян. Границей урожая семян сосны (рис. 18) следует признать изотерму за июль – сентябрь, равную примерно 10–12 °С.

К биологическим особенностям относят возраст и генотип дерева.

Древостои вегетативного происхождения также обладают рядом особенностей. В молодости они обладают быстрым ростом. Вначале влагу и питательные вещества порослевым побегам доставляет материнская корневая система. Наследуя материнскую «старость», такие деревья быстро прекращают свой рост.



Рис. 18. Цикл развития сосны

В последующих генерациях снижается продуктивность. У таких деревьев отмечается ухудшение качества ствола, кривизна, толстые ветви, рыхлая древесина, более подвержены заболеваниям, поскольку инфекция от разложившегося пня легко распространяется на весь клон.

### Форма древостоя (ярусность)

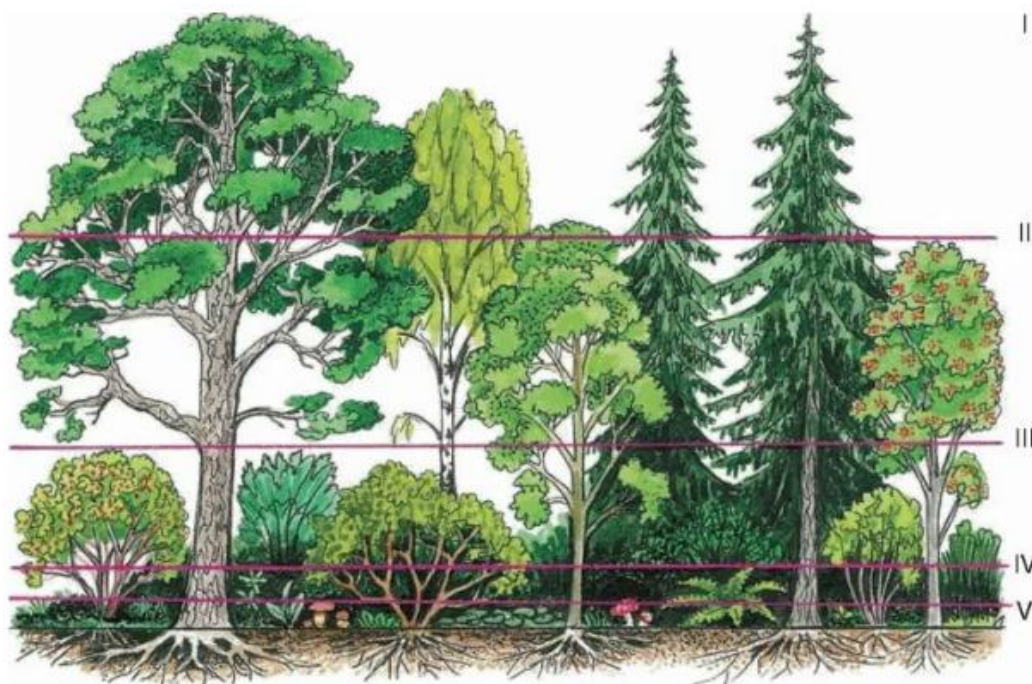
Форма древостоя – порядок распределения древесной растительности по ярусам (рис. 19).

По форме насаждения разделяют на простые и сложные. В первом случае деревья образуют один полог, или ярус: кроны деревьев располагаются в одном ярусе, при этом высота деревьев может колебаться в пределах 20 % средней высоты данного древостоя. Во втором – два или несколько, деревья здесь располагаются в два-три и более ярусов.

Таким образом, основанием для выделения второго яруса является различие в средних высотах выделяемого яруса от высоты верхнего яруса не менее 20 % при полноте основного яруса не менее 0,3 и второстепенного не менее 0,2.

Подрост и подлесок за ярусы не принимают. Отдельные ярусы могут быть образованы разными древесными породами различных возрастных поколений леса. Отдельно могут выделяться подрост и подлесок.





**Рис. 19. Форма древостоя**

По форме различают простые и сложные древостои. Простыми называют древостои, в которых кроны всех взрослых деревьев расположены в одном пологе; сложными – древостои, в которых по высоте можно выделить несколько отдельных обособленных ярусов.

Процесс образования простых одноярусных и сложных многоярусных насаждений в природе зависит от условий окружающей среды:

- почвенных (эдафических) условий местопроизрастания;
- степени изменчивости экологического режима;
- биотических факторов;
- биологии и экологии древесных пород;
- возрастного строения.

На богатых, оптимально увлажненных почвах, формируются сложные по форме древостои. Любые крайние условия как в сторону недостатка, так и в сторону избытка какого-либо фактора среды ведут к образованию фитоценозов самого простого строения. С улучшением климатических и почвенных условий одновременно с составом усложняется и форма древостоев (рис. 20).



**Рис. 20. Примеры простого и сложного древостоев:**  
а – простой древостой; б – сложный древостой



Простой древостой обычно образуют деревья светолюбивых (сосна, лиственница, береза и др.) и теневыносливых пород (ель, пихта, липа и др.) одного возраста. Сложный древостой часто возникает при совместном произрастании светолюбивых и теневыносливых пород, а также при растянутом естественном возобновлении леса, закладке лесных культур в несколько приемов или под пологом леса.

### Состав древостоя

Состав древостоя – распределение каждого яруса древостоя по породам и возрасту (обычно по 10-балльной системе), определяют по запасу древесины каждой породы и по количеству стволов каждой породы.

Состав древостоя в лесоводстве выражается «**формулой состава**», отражающей процентное соотношение участия древесных пород в сложении древесного запаса ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) древостоя. Каждая единица формулы состава соответствует 10 % запаса древостоя.

Состав древостоя определяют для каждого яруса древостоя по соотношению запасов составляющих его пород и записывают в виде формулы, в которой указывают сокращенное наименование каждой породы и коэффициент ее состава (в целых числах), отражающий долю участия запаса этой породы в общем запасе древостоя (рис. 21). Сумма всех коэффициентов должна быть равна 10. На первом месте в формуле указывают преобладающую или главную породу.

Названия видов в формуле сокращаются до одной или двух букв, например: береза – Б, дуб – Д, сосна – С, ель – Е, осина – Ос, ольха серая – Ол. с, ольха черная – Ол. ч, липа – Лп, лиственница – Лц.

Например, 10С – чистый сосновый древостой. 7С3Б – смешанный с березой сосновый древостой, в котором 70 % запаса принадлежит сосне и 30 % березе. 7С2Е1Б характеризует смешанный древостой, в запасе которого 70 % сосны, 20 и 10 % березы. 4Е6Ос: главная порода – ель, преобладающая порода – осина.



Рис. 21. Примеры определения состава древостоя

В случае, если запас пород составляет от 2 до 5 % запаса древостоя, их записывают в формулу состава со знаком плюс. Так, при наличии в указанном древостое 2–5 % осины формула древостоя будет иметь вид: 7С2Е1Б+Ос. Если в древостое какая-либо порода (например, береза) составляет менее 2 %, то формула состава будет следующей: 7С3Е ед. Б, т. е. береза встречается единично.

Состав насаждений определяется влиянием природных причин и воздействием человека. Древостои называют чистыми, если они состоят из одной породы, и смешанными, если из двух и более пород (рис. 22). Возникновение смешанных насаждений обуславливается неодинаковым отношением древесных пород к свету, теплу, влаге и питательным веществам. Так, под пологом чистого насаждения, состоящего из одной светолюбивой породы, могут поселяться другие породы, мирящиеся с меньшим количеством света.



**Рис. 22. Примеры чистого и смешанного древостоев:**  
а – чистое насаждение; б – смешанное насаждение

Некоторые породы (например, ель) чувствительны к холоду, в особенности к утренникам, которые побивают их молодые побеги. Поэтому они расселяются под пологом других пород; для ели на низких местах благоприятным пологом являются осина, береза. Различные породы потребляют влагу из разных слоев почвы, и это содействует образованию смешанных насаждений. Сосна пользуется влагой из глубоких слоев и увлажняет верхний слой почвы, в котором может развиваться другая порода, потребляющая воду из поверхностных слоев почвы, например, ель.

Смешанные насаждения, по сравнению с чистыми, обладают рядом преимуществ:

- состав лесной подстилки в них разнообразнее, и самая подстилка обладает лучшими свойствами для почвообразования, нежели в чистых насаждениях;
- продуктивность древесины и ее технические качества в смешанных насаждениях обычно выше, нежели в чистых;
- смешанные насаждения лучше противостоят различным неблагоприятным влияниям;
- наличие нескольких древесных пород на одной площади обеспечивает большую ветроустойчивость насаждений, а также их сопротивляемость болезням и вредителям;
- смешанные насаждения состоят из древесных пород с различной формой кроны; богаты красками, разнообразием форм, игрою света и тени, и поэтому больше отвечают задачам лесопарков;

С другой стороны, посадка нескольких древесных пород, уход за ними и некоторые другие мероприятия требуют большей хозяйственной гибкости, нежели при культуре одной какой-либо породы.

### **Классы роста Крафта**

Классификация деревьев в насаждении по классам роста предложена еще в XIX в. немецким лесоводом Г. Крафтом.

Эта классификация делит все деревья на пять классов роста (по Крафту – господства). В соответствии с классификацией Крафта все деревья разбиваются по степени развитости на две группы. Первая включает нормально развитые деревья (господствующие), вторая – деревья плохо развитые, отставшие в росте, заглушенные (подчиненные – по Крафту). Основными признаками для отнесения дерева к той или другой группе служат: характер кроны, сравнительная высота (рост) дерева, положение среди соседних деревьев.

Эту классификацию следует рассматривать как фактический срез состояния древостоя, отображающий процесс изреживания леса. В лесу по мере увеличения возраста и размера деревьев их число на единице площади уменьшается вследствие отмирания более слабых деревьев, то есть происходит естественное изреживание или самоизреживание леса. Это явление следует рассматривать как процесс саморегуляции лесного насаждения, т. е. приведения в со-

ответствие потребностей всего насаждения наличным жизненным ресурсам среды и как естественный отбор наиболее приспособленных деревьев.

Согласно классификации Крафта, в разновозрастном лесонасаждении надо отличать пять классов по так называемому господству и угнетенности деревьев (рис. 23, табл. 4).

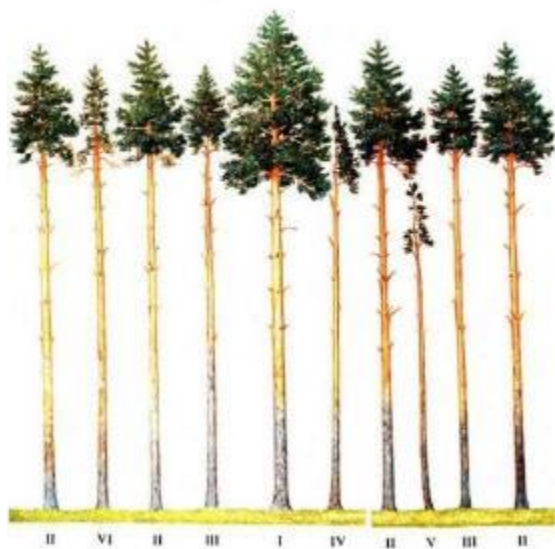


Рис. 23. Классификация деревьев по господству и угнетенности

Таблица 4

### Характеристика деревьев разных классов

Класс деревьев	Характеристика деревьев
I класс	Деревья исключительно развитые и наилучшего роста. Имеют толстый ствол, хотя и не всегда самые высокие, но обладающие широкой раскидистой, мощной кроной, чаще всего с толстыми сучьями, расположенными почти от самого основания ствола. Эти деревья пользуются огромным притоком солнечной энергии, развивают мощную корневую систему и извлекают из почвы много воды и питательных веществ. Они встречаются в лесу единично
II класс	Деревья хорошего роста и хорошего развития, обычно самые высокие или почти самые высокие, но с более тонким стволом и не такой мощной кроной, как предыдущие. Они составляют наряду с деревьями III класса основную часть всякого нормального древостоя
III класс	Умеренно развитые деревья, кроны развиты слабее, чем у деревьев I и II классов. Они более мелкие, но еще имеют открытую для солнца вершину. Они также преобладают в лесу
IV класс	Заглушенные, ослабленные в росте, но еще жизнедеятельные деревья. Угнетенные, мелкие, тонкие, ущемленные в пологе, часто совсем почти не получающие прямого солнечного света. Среди них выделяются две категории особей: а – деревья занимают свободные просветы в пологе; б – деревья с кронами, расположенными ниже, частично под общим пологом. Могут быть флагообразными, с кроной, развитой лишь в одну сторону ввиду чрезмерного угнетения соседями с других сторон
V класс	Деревья под пологом насаждений – это сильно отставшие в росте, попавшие под полог господствующих деревьев, не имеющие непосредственного доступа света: а – с еще живой кроной; б – с отмирающей или отмершей кроной. Причем первые из них еще живые, на них есть остатки недоразвитой хвои и мелких листьев, вторые уже мертвые, представляющие собой сухостой, который, падая, образует валежник

### Размерные характеристики древостоев

*Средний диаметр древостоя* (или яруса) – среднеарифметическая величина диаметров деревьев на высоте 1,3 м, составляющих древостой (или ярус). Однако, как правило, средний диаметр древостоя определяется путем деления суммы площадей сечения всех деревьев на высоте 1,3 м на их число и вычислением диаметра через среднюю площадь сечения.

Измерение высот деревьев (особенно высокорослых) – дело трудоемкое, поэтому высоты измеряются у части деревьев, пропорционально представленных по **ступеням толщины**. По полученным показателям (например, 25 замеров) строится график высот, где по горизонтальной оси откладываются диаметры замеренных деревьев, по вертикальной – показатели их высоты. По отложенным точкам наносят выровненную кривую, а затем, зафиксировав конкретный средний диаметр данного древостоя, от него восстанавливают перпендикуляр до кривой. Отсчет в этом месте по вертикальной оси показателя высоты и будет соответствовать ее средней величине. Следует отличать, кроме средней высоты, верхнюю высоту, которая представляет собой среднюю высоту наиболее крупных деревьев.

#### Определение запаса древесины

Запас древесины – совокупный объем стволов каждой породы на гектаре, выраженный в кубических метрах (составляется по сортиментным таблицам):

$$V = S \times H \times I,$$

где  $V$  – запас древесины;

$S$  – площадь сечения ствола на высоте 0,3 м (определяется по диаметру ствола), м<sup>2</sup>;

$H$  – высота породы, м;

$I$  – видовое число.

Измерение высоты и диаметра производится в лесу: измерение высоты – высотометром, диаметра – мерной вилкой.

*Видовое число* – степень отличия формы ствола от цилиндрической формы. Для сосны – 0,7–0,8. Для ели – 0,6–0,75.

#### Сомкнутость

Под сомкнутостью понимается доля площади поверхности земли, занятая проекциями крон. Можно также характеризовать сомкнутость как ту часть неба, которая закрыта кронами.

Сомкнутость принято выражать в долях единицы – от 0, 1 до 1. Отсутствие крон принимается за ноль, а полное смыкание крон – за единицу. При этом просветы между ветвями в расчет не принимаются – «кроной» считается пространство, очерченное мысленно по крайним ветвям (периметры) кроны.

Сомкнутость крон следует выделять для каждого из выделяемых ярусов и пологів леса в отдельности – для спелого и приспевающего древостоя (рис. 24), для подроста и подлеска.

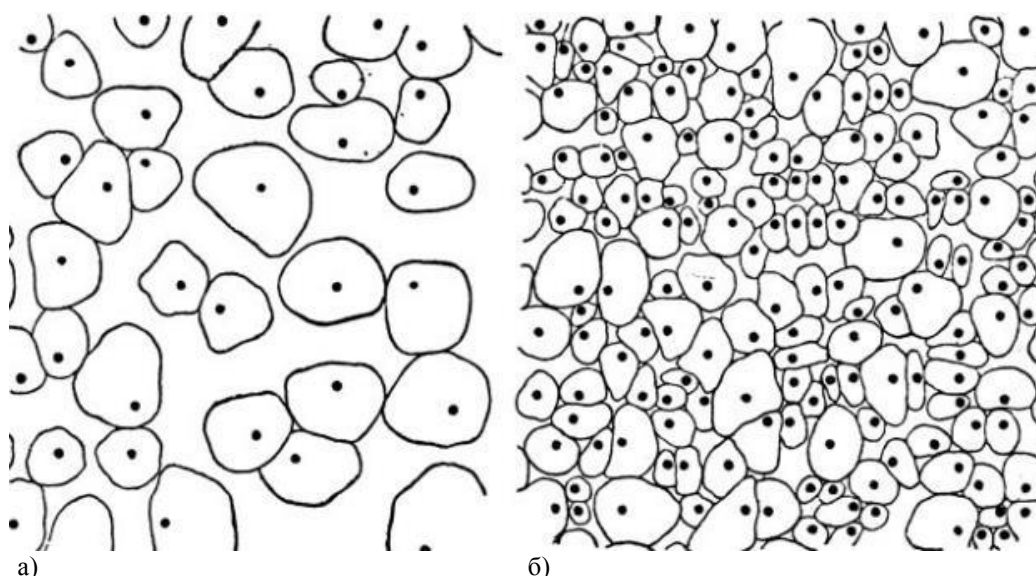


Рис. 24. Сомкнутость крон: а – в редком насаждении; б – густом 35-летнем сосновом насаждении

## Полнота насаждения

Полнота означает степень использования лесом занятого пространства, плотность стояния деревьев. Выражается в десятых долях единицы для каждого яруса отдельно.

За нормальную принимается полнота естественного леса, мало затронутого хозяйственной деятельностью человека. Эту полноту обозначают 1,0. Она характеризуется степенью сомкнутости крон деревьев или суммой площадей сечения стволов деревьев на 1 га (рис. 25). Имеются специальные таблицы хода роста насаждений, в которых указывается для разных пород и условий местопроизрастания и возраста нормальная сумма площадей сечений стволов (табл. 5).

Таблица 5

Стандартная таблица сумм площадей сечения стволов на высоте 1,3 (м) и запасов древесины на 1 га (м<sup>3</sup>) в насаждениях при полноте 1,0

Средние высоты, м	Дуб		Сосна		Береза	
	Площадь сечения	Запас	Площадь сечения	Запас	Площадь сечения	Запас
10	18,1	100	27,1	141	16,1	83
14	22,5	160	30,6	206	20,0	134
16	24,4	193	32,2	240	22,0	163
18	26,4	230	33,3	275	23,9	195
20	28,3	266	34,3	312	25,7	228
22	30,2	308	35,1	348	27,5	267
24	32,1	353	36,0	384	29,2	305

**Полным насаждением** считается такое, когда просветы между кронами деревьев будут меньше средних размеров кроны, т. е. в эти просветы мысленно нельзя дополнительно поместить дерево:

- высокополнотные насаждения с полнотой 0,9–1,0;
- среднеполнотные – 0,6–0,8;
- низкополнотные – 0,4–0,6;
- редины с полнотой 0,3 и ниже.



Рис. 25. Полнота древостоя

## Густота древостоя

Густота древостоя – количество деревьев на единице площади, плотность заселения деревьями лесной площади. Характеризуется числом деревьев на 1 га с учетом их толщины. Густоту определяют сплошным пересчетом деревьев на всей площади таксационного участка или частичным пересчетом на какой-либо его части, когда количество учтенных деревьев переводится на единицу площади (рис. 26).

Чем больше густота, тем интенсивнее отпад, меньше средняя высота и диаметр деревьев, а сами они лучше очищаются от сучьев по сравнению с более редкими древостоями того же типа леса и возраста.



В древостоях естественного происхождения первоначальное число деревьев может составлять десятки тысяч экземпляров на 1 га. По мере роста древостоев с увеличением размеров деревьев, а также необходимой им площади питания, их число постоянно уменьшается; в зависимости от породы, условий местопроизрастания и состояния насаждений к возрасту их спелости в древостое остается всего несколько сот деревьев (табл. 6). В одном и том же возрасте густота в лучших условиях местопроизрастания (высших бонитетах) меньше, чем в худших.

Таблица 6

### Характеристика древостоя различной густоты

Древостой	Число деревьев на 1 га	Среднее расстояние между деревьями, м
Очень густой	Более 1 000	Менее 3,5
Густой	400–1 000	3,5–5,5
Средней густоты	145–400	5,5–9,0
Малой густоты	60–150	9,0–15,0
Редкий (редколесье)	15–60	15,0–30,0

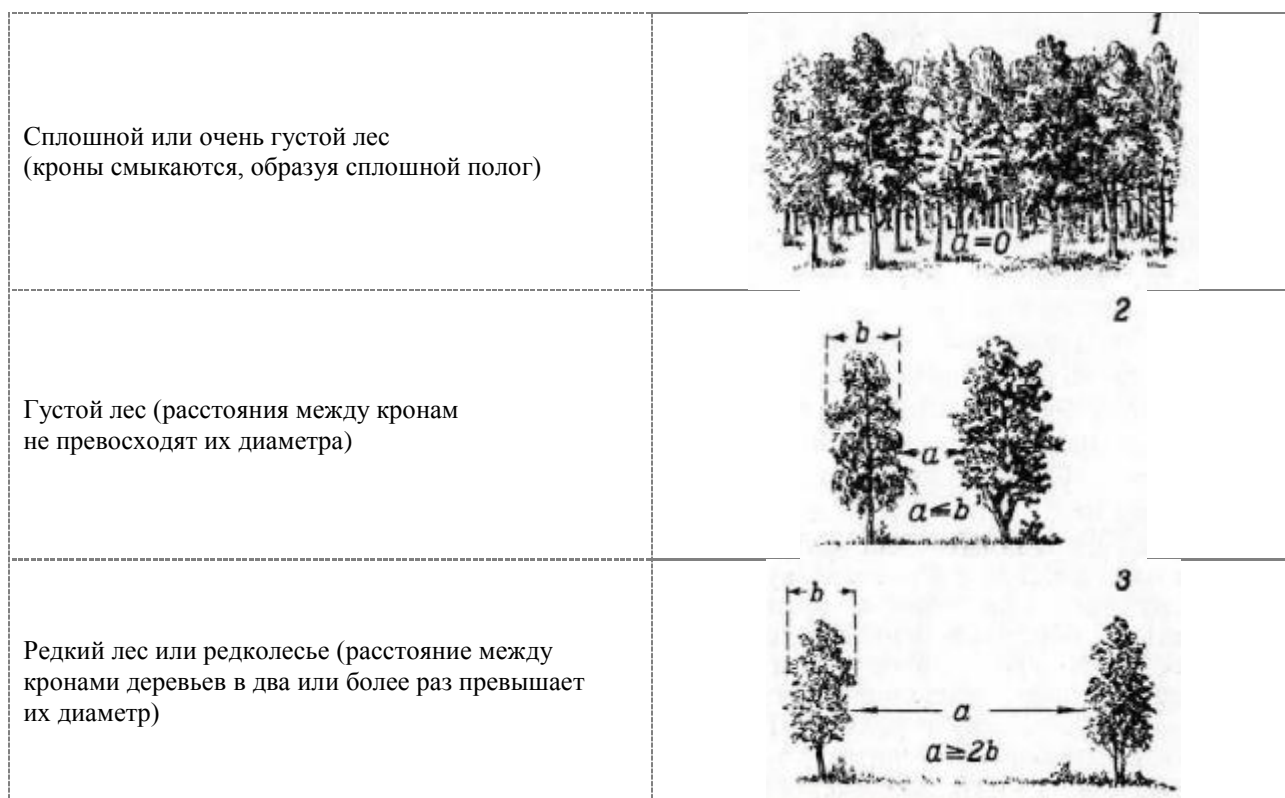


Рис. 26. Примеры степени густоты древостоя

Показатель закономерно изменяется также и по территории – при продвижении с севера на юг и с востока на запад, т. е. с улучшением климатических условий число деревьев в одном и том же возрасте уменьшается. Например, в 20-летнем ельнике-черничнике южной тайги густота в 1,5 раза меньше, чем северной.

### Возраст древостоя

Важное биологическое и хозяйственное значение имеет возраст древостоя, который отражает его индивидуальное развитие.

Различают одновозрастные и разновозрастные древостои:

- **одновозрастными** называют древостои, все деревья которых имеют один возраст;

- древостои, в которых различия в возрасте деревьев не превышают класс возраста, называют **условно-одновозрастными**;

- древостои, в которых разность возраста деревьев превышает один класс возраста, называются **разновозрастными**.

В лесном хозяйстве принято делить древостои на классы возраста. Классом возраста называется возрастной интервал (число лет), в пределах которого лес является хозяйственно однородным. Для хвойных и твердолиственных пород семенного происхождения класс возраста принят в 20 лет, мягколиственных пород и дуба вегетативного происхождения – 10 лет. Для вегетативных древостоев класс возраста уменьшается в два раза.

Возраст спелости древостоя – возраст, в котором древостой приобретает количественные и качественные признаки, наиболее соответствующие целям хозяйства и отражающие определенный этап его роста и развития. По видам различают количественную, техническую, возобновительную и другие спелости.

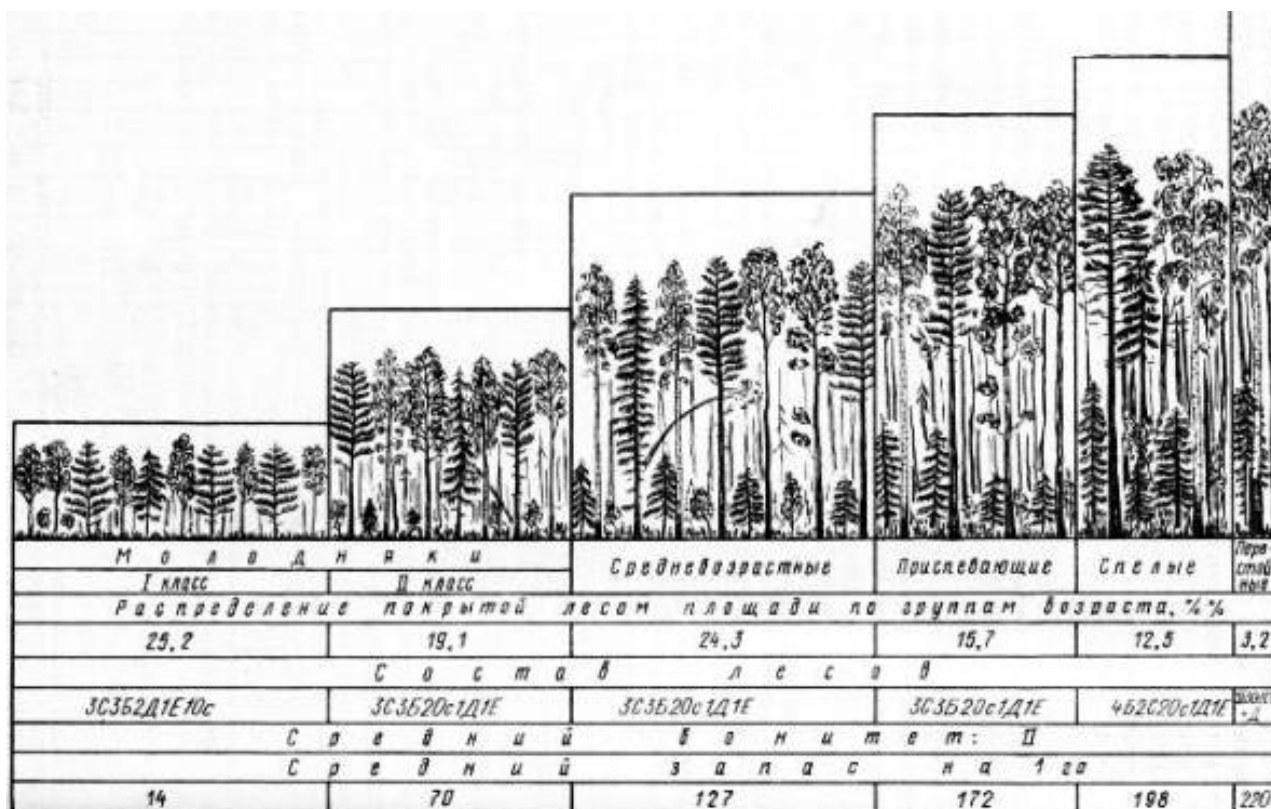


Рис. 27. Группы возраста древостоя

Лесоводы различают также естественные возрастные ступени древостоев (рис. 27, 28), (табл. 7):

- молодняк – поколение леса, включающее самосев, подрост, поросль, при смыкании образующие чащу;

- жердняк – возраст древостоя, соответствующий фазе быстрого роста в высоту и резкой дифференциации деревьев по размерам ствола и кроны;

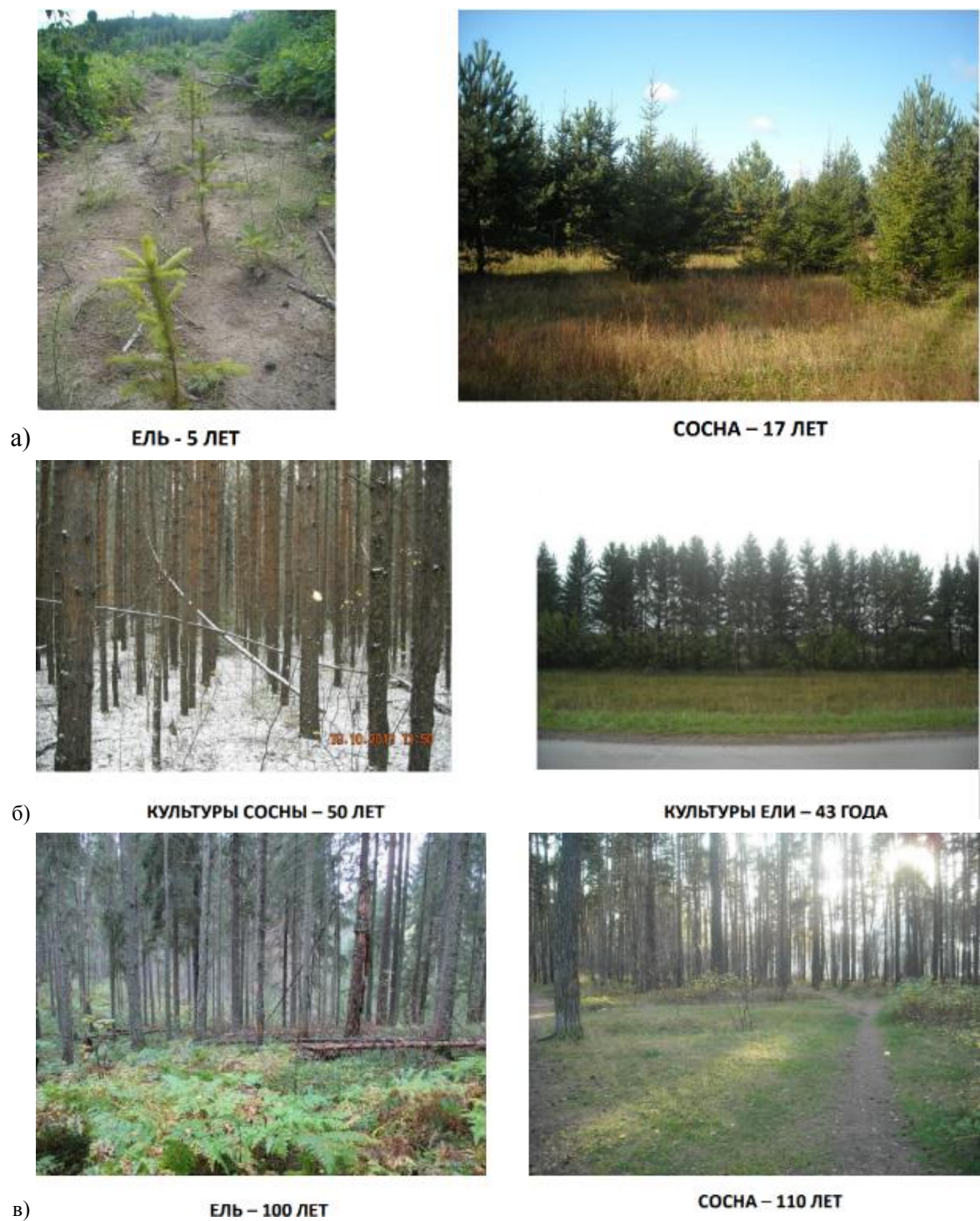
- среневогозрастный – древостой с признаками снижения прироста в высоту и увеличение его по диаметру;

- приспевающий – возмужавший древостой (способный к плодоношению), с ослабленным приростом по высоте, но продолжающий формировать запас древесины;

- спелый – древостой завершивший прирост в высоту, но образующий наибольший запас древесины, ежегодный прирост древесины превышает отпад древостоя (образование сухостоя);

- перестойный – древостой, отпад которого превышает ежегодный прирост древесины.





**Рис. 28. Группы возраста древостоя:**  
 а – молодняки; б – среднеспелые насаждения; в – спелые насаждения

*Таблица 7*

**Соответствие возрастных ступеней классам возраста древостоя**

Возрастные ступени	Классы возраста	Возраст древостоя, лет	
		Хвойного	Лиственного
Молодняк	I–II	До 40	До 20
Среднеспелый	III–IV	40–80	20–40
Приспевающий	V	80–100	40–50
Спелый	VI–VII	100–140	50–70
Перестойный	VII и старше	Более 140	Более 70

## Бонитет леса

Произрастая в различных климатических и почвенно-гидрологических условиях, древостои даже одной и той же породы формируют различный запас древесины, т. е. они имеют неодинаковую производительность.

Этот признак характеризуется бонитетом. Бонитет насаждения выражает условия его местопроизрастания, которые оцениваются по количеству выращиваемой на почвах древесины.

**Бонитет** – производительность древостоев в конкретных условиях местопроизрастания, выражаемая средней высотой древостоя в определенном возрасте. Бонитет представлен классами. Класс бонитета – единица оценки производительности древостоев, определяемая по таблицам (рис. 29).

В России используется единая шкала распределения насаждений по бонитетам, разработанная в 1911 г. проф. М. М. Орловым. Выделены пять классов бонитета, обозначаемые римскими цифрами. I класс бонитета характеризует лучшие почвы с высокопроизводительными древостоями. V класс бонитета указывает на бедные почвы с низкотоварным древостоем. Для крайних случаев в общей шкале выделяются бонитеты Ia и Va, показывающие наивысшую или крайне низкую продуктивность насаждений.

Бонитет – показатель продуктивности леса. Бонитет тем выше, чем лучше почвенно-климатические условия.

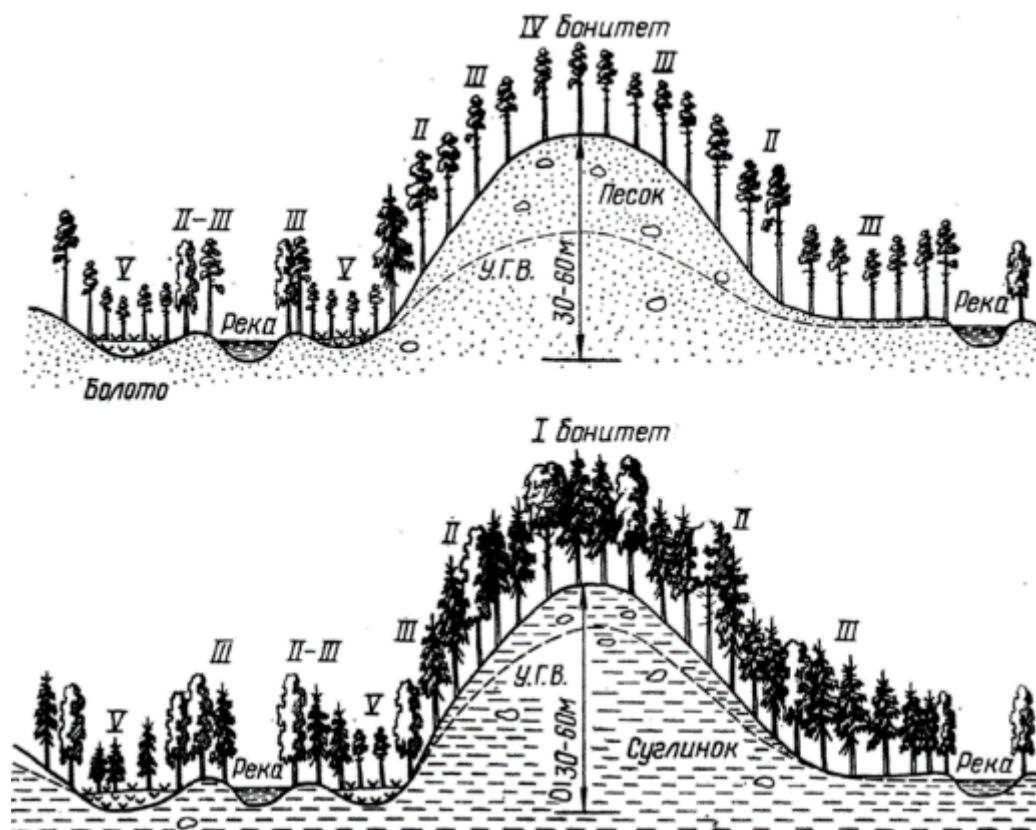


Рис. 29. Классы бонитета

Таблица 8

### Деление семенных насаждений на классы бонитета (М. М. Орлов)

Возраст, лет	Высота насаждений по классам бонитета, м						
	I a	I	II	III	IV	V	V a
10	6–5	5–4	4–3	3–2	2–1	–	–
30	16–14	13–12	11–10	9–8	7–6	5–4	3–2
50	24–21	20–18	17–15	14–12	11–9	8–6	5–4

Возраст, лет	Высота насаждений по классам бонитета, м						
	I a	I	II	III	IV	V	V a
70	30–26	25–22	21–19	18–16	15–12	11–9	8–6
90	34–30	29–26	25–23	22–19	18–15	14–12	11–8
100	35–31	30–27	26–24	23–20	19–16	15–13	12–9
120	38–34	33–30	29–26	25–22	21–18	17–14	13–10
140	39–35	34–31	30–27	26–23	22–19	17–14	13–10
160	40–36	35–31	30–27	26–23	22–19	18–14	13–10

### Работа с планом лесных насаждений и таксационным описанием к нему

При работе с планами лесных насаждений нужно отличать обозначение кварталов и выделов (рис. 30), а также определять их площади. **Сплошная линия** – граница квартала, **пунктирная линия** – граница выдела. Квартал является учетной единицей в системе оценки лесных угодий, поэтому границы квартала редко меняются и являются постоянными.

**Выдел** – это участок леса, обособляемый по идентичным для всех компонентов леса показателям (породный состав, возраст, полнота, бонитет, тип леса, тип лесорастительных условий, наличие подроста и подлеска). В связи с тем, что состояние таких компонентов, как древостой, подрост и подлесок изменяется с возрастом под влиянием природных и антропогенных факторов, очертания выделов могут также изменяться в результате очередного лесоустройства.

Обозначение квартала и выдела также различаются размером чисел, характеризующих данные территории. Для квартала главное показать его номер и площадь (га). Поэтому более крупные числа на рис. 30 относятся к кварталу. С характеристикой выделов несколько сложнее, для выдела необходимо не только указать номер выдела и его площадь (га), но и по возможности дать характеристику древостоя, произрастающего в выделе. Если в границах выдела присутствует только одно число, то оно обозначает номер выдела, и, следовательно, всю необходимую информацию по данному выделу необходимо брать в таксационном описании.



Рис. 30. Обозначения на плане лесных насаждений

Лес – это не только участок, занятый древостоем. К лесу относятся также участки, «не покрытые лесом» (редины, прогалины, поляны, гари и просеки). Лесом считают и ряд «не лесных» угодий (болота, каменистые осыпи, пески, сельскохозяйственные угодья, расположенные внутри границ лесного фонда). Рисунок 31 показывает, как отличить покрытые лесом территории от открытых пространств в таксационном описании. Критерием для этого служат «полнота» насаждения.



№	Выдел	Состав	Э	Л	В	Д	К	Г	Б	Тип	П	
3	1,2	5С3С2В+Т	1	С	135	25	32	7	3	3	СЗМ	,6
			22	С		18	18				В2	
				Б		18	18					
		подлесок: Р ИВК средний рекреационная характеристика: тип ландшафта верт.сомкн., класс устойчивости- , проходимость-средняя, просматриваемо										
4	,1	10С	1	С	135	24	32	7	3	3	СВР	,3
											А2	
		подлесок: Р редкий рекреационная характеристика: тип ландшафта гориз.сомкн. класс устойчивости- , проходимость-хорошая, просматриваемо										
5	1,1	лесные культуры 7Б10С2С+С	1	Б	49	20	18	5	2	1	СЗМ	,7
			20	ОС		20	18				В2	
				С		19	18					
				С	140							

Рис. 31. Определение покрытых лесом территорий по таксационному описанию

Оценить территории под насаждениями по породному составу можно в соответствии с формулой состава насаждения (колонка после площади выдела), (рис 31, 32). Так насаждения с формулой состава 3Е2П5Б будут отнесены к еловым насаждениям, 4Б4Ос2Е – к березовым насаждениям и т. д.

№	Выдел	Состав	Э	Л	В	Д	К	Г	Б	Тип	П	
32	,2	поляна для отдыха										
		рекреационная характеристика: тип ландшафта без древ.рас										
33	,4	лесные культуры 10Е	1	Е	52	19	18	3	2	1	ЕЗМ	,8
											В2	
		подлесок: Р редкий культуры-57 г., состояние хорошее рекреационная характеристика: тип ландшафта гориз.сомкн., класс устойчивости- , проходимость-плохая, просматриваемо										
34	,1	просеки										
		ширина 4,0 м, протяженность 0,3 км, чистая										

Рис. 32. Определение непокрытых лесом территорий по таксационному описанию

При оценке возраста насаждения смотрят возраст каждого элемента древостоя. Так, на рисунке 32 в 5 выделе береза (Б), осина (Ос) и сосна (С) имеют возраст 49 лет, в то же время в насаждении присутствуют деревья сосны (+С), дающие от 2 до 5 % от запаса древесины на выделе. Эти сосны имеют возраст 140 лет.

Для облегчения принятия различных лесохозяйственных решений, проведения лесохозяйственных мероприятий пользуются не абсолютным возрастом деревьев, а «классом» и «группой» возраста. Группа возраста отражает стадию развития насаждения. Молоднякам соответствует цифра 1, среднеспелым – 2, приспевающим – 3, спелым – 4, перестойным – 5. Классы возраста отражают диапазоны, в которых находится абсолютный возраст элементов древостоя (табл. 9).

Таблица 9

**Классы возраста и возраст элементов древостоя**

Группы возраста	Класс возраста	Возраст элементов древостоя	
		Хвойные и дубы семенного происхождения	Лиственные (в том числе дубы порослевого происхождения)
Молодняк	1–2	до 40	до 20
Среднеспелый	3–4	41–80	21–40
Приспевающий	5	81–100	41–50
Спелый	6–7	101–140	51–70
Перестойный	8 и старше	свыше 140	свыше 71

Класс бонитета определяет производительность участка по формированию древостоя. 1-й класс – наиболее производительные условия для лесного участка. На таких участках деревья растут быстрее и достигают больших высот по сравнению с другими участками. При закладке лесных плантаций рекомендуется подбирать именно такие участки, чтобы обеспечить быстрое выращивание древесины. 5-й класс – это наихудшие условия для роста древостоя.

При выявлении типа леса необходимо уметь расшифровывать аббревиатуры типов леса, также следует отличать «тип леса» от «типа лесорастительных условий», указанных ниже в этой же колонке. Для типа лесорастительных условий характерно сочетание буквенных и цифровых индексов: С2, В3, А4; для типа леса – только сочетание буквенных обозначений: Сч, Ек, Бпм.

Тип леса расшифровывается следующим образом: заглавная буква обозначает породу, наиболее успешно произрастающую в данных условиях (С – сосняк, Е – ельник, Б – березняк, Ол – ольшаник и т. д.). Последующие буквы обозначают живой напочвенный покров, характерный для данного леса: бм – беломошный, зм – зеленомошный, дм – долгомошный, к – кисличный, ч – черничный, охвц – осокохвощевый, лп – липняковый, лг – лог, втр – выско-, широколиственный и т. д.

Распределение насаждений по увлажненности почвы проводится в соответствии с типом лесорастительных условий, в основе которого лежит классификация Погребняка. В соответствии с данной классификацией буквенными индексами обозначаются эдафотропы (почвенные условия), цифровыми индексами – гидротропы (степень увлажнения почвы). Гидротропы распределяются следующим образом:

- 0 – очень сухие почвы;
- 1 – сухие почвы;
- 2 – свежие почвы (дренированные, оптимальные для произрастания многих пород);
- 3 – влажные почвы (имеющие временное избыточное увлажнение);
- 4 – сырые почвы (характеризующиеся высоким уровнем грунтовых вод);
- 5 – мокрые почвы (болота).

Для лучшего восприятия лесной территории ее планы часто раскрашивают в цвета преобладающей породы (рис. 33). Открытые пространства не окрашиваются. Имейте в виду, что не всегда цвета древесных пород совпадают с общепринятой цветовой шкалой. Так, на рисунке 33 ель окрашена в сиреневый, а не в малиновый цвет, как на рисунке 34.

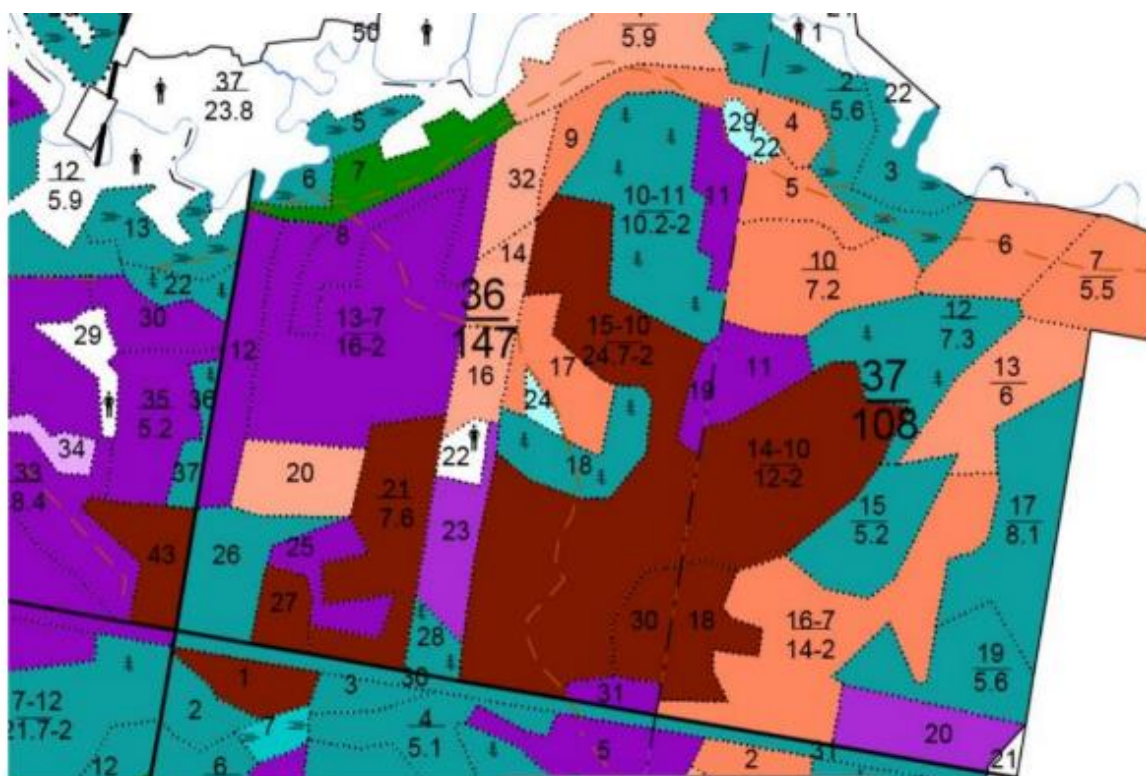


Рис. 33. Пример окрашивания выделов по преобладающей породе

ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЛЕСА	ГРУППЫ ВОЗРАСТА				НАСАЖДЕНИЯ ПО СЫРЫМ И МОКРЫМ МЕСТАМ	КУЛЬТУРЫ				ПОДРОСТ ПОД ПОЛОГОМ
	МОЛОДНЯКИ	СРЕДНЕ ВОЗРАСТНЫЕ	ПРИСПЕВАЮЩИЕ	СПЕЛЫЕ И ПЕРЕСТОЙНЫЕ		СОМКНУВШИЕСЯ	НЕСОМКНУВШИЕСЯ	СОЗДАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ	ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА	
СОСНА, ЛИСТВЕННИЦА					—	—	—			☐
ЕЛЬ, ПИХТА					—	—	—			☐
БЕРЕЗА					—	—	—			☐
ОСИНА, ОЛЬХА (С)					—	—	—			
ЛИПА					—	—	—			
ИВА					—	—	—			

Рис. 34. Цветовая шкала окрашивания древесных пород на плане лесных насаждений

Существенную роль в оценке лесопарковой территории по ее санитарно-гигиеническим и эстетическим свойствам играют лесопарковые ландшафты, или, как еще их называют, «типы пространственной структуры (далее – ТПС)». Главным в типологии пространственной структуры является степень открытости лесного ландшафта (закрытый, полуоткрытый и открытый). Степень открытости определяется «сомкнутостью полога». Этот показатель согласуется с «относительной полнотой» насаждения. К закрытым пространствам относят насаждения с полнотой 0,6–1,0. Полуоткрытыми являются насаждения с полнотой 0,3–0,5. Открытые пространства – это редины, прогалины, а также поляны либо с единичным стоянием деревьев (полнота 0,1–0,2), либо с полным отсутствием древостоя (вырубки, специальные площади).

Данные по подлеску и подросту находятся в таксационном описании ниже описания древостоя (рис. 35). Наличие подлеска обязательно сопровождается описанием его густоты. При описании подлеска также учитываются породы: Р – рябина, Чр – черемуха, Лп – липа, Ж – жимолость, Ш – шиповник, М – малина, БЗН – бузина, ИВК – ивы кустарниковые и т. д. При наличии подроста указывается: породы, образующие его состав (общепринятые сокращения), его возраст (лет), средняя высота (м) и густота стояния (тыс. шт./га). Степень густоты подроста определяют следующим образом: до 2 тыс. шт./га – редкий подрост; 2–8 тыс. шт./га – средней густоты подрост; больше 8 тыс. шт./га – густой подрост.

: : : Состав,	: :Э л : В : : Д :К Г : Б : Тип : П
:Н в: Пло-: подрост,	:Я:л е : о : В : и :л р : о : леса : о
:о ы:щадь,: подлесок,	:р:е с : з : ы : а : : н : : л
:м д: : почва,	:у:м а : р : с : м :в в : и : тип : н
:е е: га : рельеф,	:с:е : а : о : е :о о : т :лесор.: о
:р л: : особенности	: -:н : с : т : т :з з : е :услов.: т
: а: : выдела	:н:т : т : а : р :р р : т : : а

20	22,2	10С	1 С	150	25	36	8	4	3	СЗМ	,7
											В2
подрост: 10Е (20) 3,0 м, 0,1 тыс.шт/га, благонадежный											
подлесок: Р густой											

Рис. 35. Описание подроста и подлеска в таксационном описании

## ДИНАМИКА ЛЕСА

Динамика лесов описывает основные физические и биологические силы, которые формируют и изменяют лесную экосистему.

Лес является сложной динамичной системой, которая способна восстанавливать свои живые компоненты, изменяя среду обитания. С точки зрения человека, как пользователя природных ресурсов, лес является возобновимым источником сырья и энергии. Поэтому процесс воссоздания, воспроизводства лесов и всех его компонентов является самым главным при осуществлении пользования лесными ресурсами.

Возобновление леса – процесс образования нового поколения леса под пологом древостоя, на вырубках, гарях и других площадях, ранее бывших под ним.

В своей хозяйственной деятельности человек использует лес в качестве материалов для дальнейшей переработки (табл. 10). Выделяют 4 основных вида рубки леса:

- 1) рубки главного пользования проводят в лесах, достигших возраста спелости;
- 2) рубки ухода, служат формой ухода за лесом путем удаления из насаждения нежелательных деревьев и создания благоприятных условий для роста лучших деревьев главных пород;
- 3) комплексные рубки совмещают рубки главного пользования и рубки ухода на одной и той же площади;
- 4) санитарные рубки леса назначаются для улучшения состояния леса. При этом виде рубки удаляются деревья, имеющие какие-либо повреждения.

Таблица 10

### Оптимальные возрасты рубок для основных лесообразующих пород Центрального экономического района

Порода	Возраст рубки, лет, по группам и категориям лесов для всех классов бонитета		
	Категория лесов I группы		Эксплуатационные леса II и III групп
	A	B	
Сосна, лиственница	101–120	81–100	81–100
Ель	101–120	81–100	81–100
Дуб семенной, ясень	121–140	101–120	101–120
Дуб порослевой	71–80	61–70	61–70
Береза, ольха черная	71–80	61–70	61–70
Липа	71–80	61–70	61–70
Осина, тополь	51–60	41–50	41–50



## Виды лесовозобновления

Различают следующие методы возобновления леса: естественное, искусственное и комбинированное (рис. 36).

По времени появления особой древесных пород после проведенной на участке главной рубки различают предварительное, сопутствующее и последующее возобновления.



Рис 36. Виды возобновления леса

**Предварительное возобновление леса** – это естественное возобновление под пологом древостоя. Появившиеся в результате естественного возобновления леса особи называются *предварительным подростом*.

Если поколение древесной породы возникло благодаря целенаправленному изреживанию древостоя для создания условий, способствующих возобновлению главной породы, то оно относится к *сопутствующему возобновлению* (лесовозобновление, происходящее в насаждении в связи с рубками).

**Последующим** называется возобновление леса после вырубке древостоев или исчезновения их по другим причинам. В нашей стране распространено последующее возобновление естественным, искусственным и комбинированным методами.

## Классификация подроста

Подрост принято подразделять в зависимости от его высоты на 3 группы: мелкий (высотой до 0,5 м), средний (высотой 0,51–1,5 м) и крупный (выше 1,5 м).

Предварительный подрост по его устойчивости к изменяющимся условиям среды после сплошной рубки классифицируется на 3 категории качества и состояния: *надежный* (синонимы – благонадежный, жизнеспособный, световой), *сомнительный* (переходный) и *ненадежный* (неблагонадежный, нежизнеспособный, теневой).

Выживаемость подроста зависит от особенностей его размещения по площади. Поэтому различают размещение подроста одиночное, групповое и куртинное. При групповом размещении особи подроста имеют общий полог, размер группы не превышает 10 м<sup>2</sup>. Куртина имеет большую площадь общего полога в одном месте.

## Дифференциация деревьев в лесу и естественное изреживание

Формирование насаждений – это явление, объединяющее важнейшие биологические процессы в лесных сообществах, в том числе рост и развитие.

Саморегуляция, создающая устойчивость популяций к неблагоприятным условиям, проявляется полнее в густых древостоях. С возрастом густота уменьшается. Уменьшение количества деревьев в древостое с увеличением его возраста в результате естественного отмирания их называется *естественным изреживанием* древостоя.

Естественному изреживанию древостоя обычно предшествует постепенное отставание в росте многих деревьев. Поэтому даже в одновозрастном чистом древостое в одном типе леса деревья никогда не имеют одинаковых размеров. Такое расчленение деревьев в древостое по росту и развитию его при формировании с возрастом называется *дифференциацией деревьев* (рис. 37).



Рис. 37. Дифференциация деревьев в одновозрастном древостое

Причинами дифференциации деревьев являются:

- наследственные свойства;
- неоднородность плодородия почвы.

Процесс дифференциации деревьев протекает тем интенсивнее, чем гуще естественный древостой и чем быстрее растут деревья. Ослабление роста деревьев может происходить под влиянием вредителей, болезней, действия ветра, снега и другим образом.

В результате дифференциации возрастает влияние на древостой со стороны крупных деревьев. У отставших деревьев особенно плохо развивается корневая система, крона имеет небольшой объем. Конкурентные взаимоотношения и «ограничения» неблагоприятны для большинства растений, которые угнетены и погибают. В результате отпада слабых деревьев увеличивается площадь питания соседних, они начинают быстрее расти, устойчивость в целом повышается.

### Рост одновозрастных чистых древостоев различного происхождения

С наступлением вегетационного периода деревья начинают расти одновременно в высоту и по диаметру ствола, а также в подземной части.

Рост ствола по диаметру прекращается у лиственных пород в августе – сентябре, а у ели и сосны позже, а может наблюдаться в первой декаде октября.

Рост корней продолжается дольше, чем побегов. Корни растут быстрее ночью. Максимальный рост корней в длину происходит при температуре почвы 14–19 °С.

О росте древостоя в высоту и приросте по диаметру судят по изменению параметров среднего дерева. В течение жизни древостоя обычно происходит переход деревьев из высших классов Крафта в низшие. Древостои растут всю жизнь, а развитие их происходит по этапам (табл. 11).

Таблица 11

### Стадии развития одновозрастных насаждений семенного происхождения

Стадия	Характеристика
Стадия индивидуального роста	Характеризуется неблагоприятными условиями существования древесных растений. Самосев и культуры страдают от ветра, прямой солнечной радиации, иссушения почвы. На этой стадии их особи гибнут от опала корневой шейки, заморозков, выжимания кристаллами льда, вымокания и других причин. В этот период ведущими являются межвидовые отношения. Эта стадия продолжается от 3 до 15 лет
Стадия чащи	На этой стадии древостой имеет максимальную густоту и максимальную сомкнутость крон, отмечается наивысшая динамика состава древостоя в связи с обострением межвидовых отношений среди древесных пород. Стадия чащи продолжается до возраста древостоя 10–25 лет. Затем возросшая мощность древесного полога, задерживающего свет, и корневая конкуренция приводят к изреживанию травяного яруса. Древостой достигает высоты 6 м и выше, быстро растет в высоту
Стадия усиленного роста (жердняка)	Второй критический период в жизни популяции, потому что в древостое наступает максимум прироста по высоте; наблюдается повышение прироста ветвей и листьев. В этой стадии развития насаждения начинается полное влияние леса на почву, температуру воздуха и его движение под пологом, восстанавливаются защитные функции леса
Стадия возмужалости	Начало систематического плодоношения деревьев, которое наблюдается у различных пород с 20–60 лет. На этой стадии отмечается максимум транспирации, прекращается прирост в глубину вертикальных ответвлений корней господствующих деревьев. Со временем начинают отпадать не только отставшие в росте деревья, но и средние, и крупные, у которых быстро прошел период интенсивного роста, раньше наступило старение. В образовавшихся «окнах» появляется подрост. Происходит переход к следующей стадии
Стадия предварительного возобновления	Наиболее продолжительна. Во время этой стадии снижаются темпы потребления веществ, а возраст растет. Из подростка хозяйственно ценных пород образуется новое поколение леса. В древостоях из светолюбивых древесных пород, находящихся в стадии предварительного возобновления, может образоваться подрост теневыносливых пород. На смену старому поколению формируется новое поколение леса
Стадия смены поколений	Нежелательна в хозяйственном отношении. Стадия смены поколений продолжается 60–80 и более лет, в течение которых происходит отпад старых деревьев. На протяжении этой стадии общий запас древостоя уменьшается. Постепенно подрастает второй ярус, и наступает момент нового роста запаса. Так формируется типичный разновозрастный древостой

### Возникновение и развитие разновозрастных насаждений

В зависимости от происхождения древостоев и из-за различных экологических свойств пород выделяют несколько типов возрастных структур лесов. Наиболее характерны из них:

1) абсолютно разновозрастные древостои, образующиеся в результате выборочных рубок или при длительном развитии лесов из теневыносливых пород;

2) относительно разновозрастные древостои, основное число деревьев которых появилось в течение 60 лет. Ряд распределения деревьев по толщине похож на ряд одновозрастных насаждений, но очень растянут;

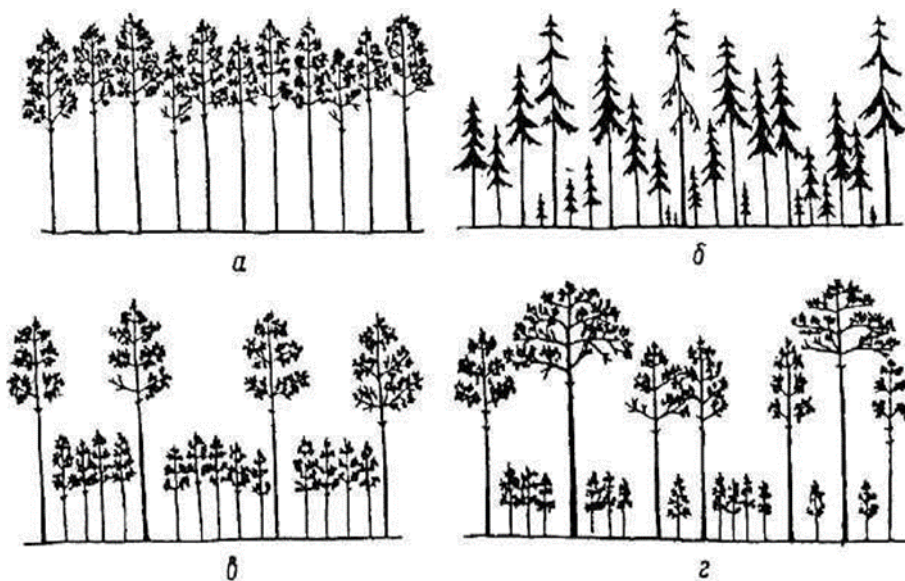
3) промежуточные типы возрастных структур, в которых легко можно выделить поколения леса, а ряды распределения деревьев по толщине имеют несколько вершин.

Новое поколение леса в разновозрастном древостое также проходит ряд возрастных стадий, отражающих онтогенез этого поколения (табл. 12), (рис. 38).

Таблица 12

**Стадии развития разновозрастных насаждений**

Стадия	Характеристика
Возобновительная стадия	От 5 до 40 лет. К концу ее накапливается 2–6 тыс. экземпляров подроста на 1 га, их кроны смыкаются. При достижении сомкнутости молодого полога 0,4 особи начинают влиять друг на друга
Стадия угнетенного яруса	Особи подвергаются конкуренции, что приводит их к опад
Стадия большого роста	По мере уменьшения числа деревьев старого поколения увеличивается прирост в высоту деревьев нового поколения. Она продолжается до 60 лет. Окончательный распад старого поколения или рубка его деревьев вызывают интенсивный рост нижнего яруса в высоту
Стадии возмужалости	Отдельные деревья получают полное освещение и начинают плодоносить, что указывает на начало следующей стадии. Характерным для нее является выраженная дифференциация деревьев и отпад тонкомерных экземпляров.
Стадия зрелости	Характеризуется снижением устойчивости деревьев, ослаблением прироста в высоту и максимальным приростом в толщину
Распад поколения	Начинается с момента уменьшения его запаса (у сосны со 180 до 320 лет).



**Рис. 38. Схема древостоев:** а – соснового одновозрастного; б – елового разновозрастного; в – соснового их двух одновозрастных поколений; г – соснового из трех одновозрастных поколений

Одновозрастные древостои характеризуются обычно горизонтальной, разновозрастные – вертикальной сомкнутостью полога. Таким образом, разновозрастные леса являются одновременно и старыми, и молодыми. Разновозрастные древостои преобладают в нашей стране.

Смена состава древостоев происходит при рубке, при пожарах, при изменении водного режима, при повреждении вредителями, в результате рекреационного воздействия.

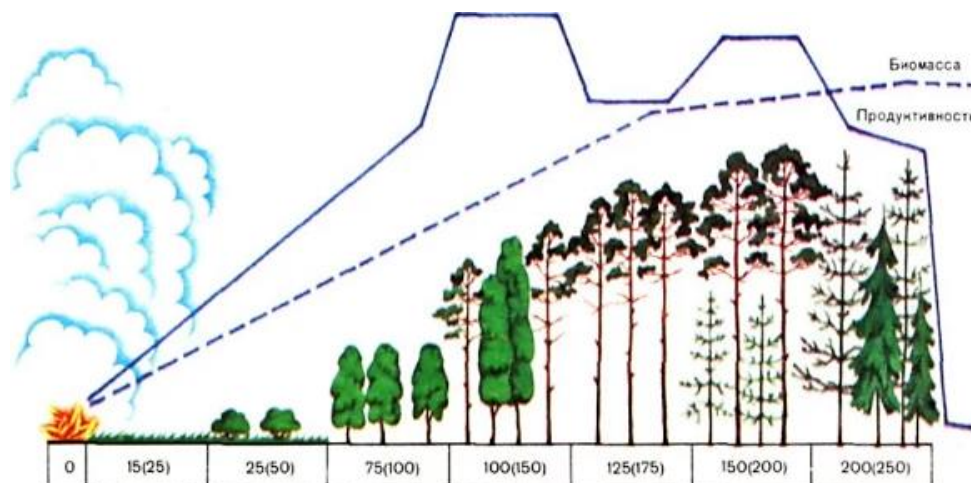
Под сменой пород (сукцессиями) понимается замена одних пород-лесообразователей на другие породы-лесообразователи на одной и той же площади в результате действия внешних или внутренних факторов (рис. 39).

Основные причины сукцессий (смены пород):

1) внутренние (биологические и экологические особенности древесных пород, миграция видов, влияние на среду обитания и др.);



- 2) внешние, включающие следующие группы факторов:
- а) климатогенные – связанные как с длительным изменением климатических условий, так и воздействием засух, морозов, ветра и других метеофакторов;
  - б) эдафогенные – связанные с естественным заболачиванием или осушением местности;
  - в) зоогенные – разнос семян животными, повреждения животными;
  - г) антропогенные – включающие рубки леса, пожары, загрязнение атмосферы и др.
- Как правило, различные факторы действуют на процессы смены пород комплексно.



**Рис. 39. Сукцессия сибирского темнохвойного леса (пихтово-кедровой тайги) после опустошительного лесного пожара (обобщенная схема).**

Числа в прямоугольниках – колебания в длительности прохождения фаз сукцессии (в скобках указан срок их окончания). Биомасса и биологическая продуктивность показаны в произвольном масштабе. Кривые отражают качественную и количественную стороны процесса (Н. Ф. Реймерс, 1990)

Рассмотрим некоторые аспекты смены древесных пород в пределах лесного массива (табл. 13).

Таблица 13

### Характеристика смены древесных пород

Смена древесных пород	Характеристика периода
Смена сосны березой	<p>В лесной зоне постоянным спутником сосны является береза. В экстремальных условиях береза сосне большой конкуренции не составляет или ее, например, на песках, вовсе нет. Однако на плодородных почвах в благоприятных климатических условиях у обеих пород экологические требования близки, поэтому конкуренция между ними приобретает большую остроту.</p> <p>На вырубках, горях взаимоотношения пород обуславливаются соотношением их в пологе древостоев:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- если береза находится под пологом сосны, то береза большой конкуренции не проявит;</li> <li>- если же береза появилась одновременно с сосной или раньше, то береза, будучи породой пионерной, способной к вегетативному возобновлению, быстрорастущей, отрицательно влияет на сосну как в перехвате экологических факторов, так и за счет схлестывания;</li> <li>- под пологом взрослых насаждений в возобновлении береза не получает большого участия в силу высокого светолюбия, поэтому в предварительном возобновлении ее обычно мало</li> </ul>
Смена сосны осиной	<p>Активная смена сосны на осину наблюдается в подзоне южной тайги и в других более южных регионах. Большой агрессивностью осина обладает на плодородных почвах. При наличии нескольких деревьев осины на 1 га (3...5) в вырубном древостое, осина сплошь заселяет густым древостоем площадь. Осина в первые годы растет очень быстро, легко перегоняет даже сосну, вышедшую из-под полога.</p> <p>Последующее возобновление сосны под пологом осинников крайне затруднено, поскольку образуется очень плотно слежавшаяся лесная подстилка, на которой семена сосны почти не прорастают</p>

Смена древесных пород	Характеристика периода
Смена ели березой	Чем больше доля участия березы в составе подростa и молодняков и чем выше она по высоте, тем конкуренция со стороны березы сильнее. Береза быстро заселяет вырубki и гары, после чего улучшаются микроклиматические условия, ослабевает конкуренция травяно-кустарничкового покрова. Затем ель, используя положительное покровное влияние березы, появляется под ее пологом. В дальнейшем ходе лесообразовательного процесса идет смена березы елью. Таким образом, естественное возобновление ели часто идет через кратковременную смену березой
Смена ели осиной	Смена ели на осину протекает также в основном корнеотпрысковым путем. Корнеотпрысковая осина появляется густо, растет быстро и создает плотную подстилку. Это все исключает появление под ее пологом ели. Ель при наличии семян начинает появляться под пологом осины, когда в процессе самоизреживания ее древостоев ослабевает конкуренция, формируется моховой покров, и подстилка трансформируется в более подходящий субстрат
Взаимоотношения сосны и ели	И сосна, и ель являются главными породами. На различных по плодородию почвах производительность древостоев и продуктивность насаждений этих пород не одинакова. В таежных условиях – и в Европейской части, и на Урале, и в Сибири – широко распространено явление вытеснения сосны елью, что наблюдается как под пологом насаждений, так и на вырубках. В более южных регионах сосна более конкурентоспособна. В типах леса с плодородными почвами ель вытесняет сосну; на бедных сухих, суховатых и мокрых почвах ель не конкурентоспособна, древостой формирует сосна. Поселяясь под пологом сосновых древостоев, ель формирует плотную кислую подстилку, чем усиливает свои позиции и ослабляет позиции сосны. В конкурентной борьбе с елью сосне способствуют низовые пожары, при которых ель, как менее пожароустойчивая порода (тонкая кора и поверхностная корневая система) гибнет

## ЭКОЛОГИЯ ЛЕСА

Экология леса – взаимное влияние различных факторов (внутренних и внешних), определяющих развитие леса. Классическое определение экологии следующее: это наука о взаимоотношении живых организмов и образующихся ими сообществ между собой и окружающей средой.

В лесном насаждении все виды собраны вместе, они представляют собой качественно новое биогеоценотическое образование, в котором складываются сложные отношения и между видами, и между лесным фитоценозом и средой.

Лесная экология рассматривает две стороны:

- 1) влияние экологических факторов на жизнь леса;
- 2) экологическое значение и влияние самого леса на окружающую среду, образование особой лесной среды.

Совокупность элементов среды, влияющих на живые организмы и их сообщества, условия существования живых организмов называются экологическими факторами (рис. 40).

**Важно!** Любое мероприятие, проводимое в лесу, вносит изменения в сложившийся комплекс экологических факторов. При воздействии на какой-либо из них происходят сдвиги и других факторов, всех или части из них. Поэтому допускать к реализации в лесу можно только те мероприятия, которые или не наносят ущерба экологической среде, или этот ущерб будет незначительным и легко восстанавливаемым лесной экосистемой.

### Атмосферные факторы: свет, тепло, осадки (и их состав), влажность воздуха, ветер, электрическое поле

Лес оказывает воздействие на все компоненты атмосферы. Прежде всего лес выделяет CO<sub>2</sub>. Главным образом это происходит за счет разложения лесной подстилки, дыхания растений и живых организмов. CO<sub>2</sub> тяжелее воздуха, он концентрируется у поверхности почвы (в основном на высоте 0,1–0,2 м), создавая благоприятные условия для нижних ярусов расти-

тельности. Избыток  $\text{CO}_2$  компенсирует недостаток света. При использовании древесины, которая со временем минерализуется, основная часть углерода превращается в  $\text{CO}_2$  и возвращается в атмосферу. Площадь лесов уменьшается, и от этого содержание  $\text{CO}_2$  растет. Лесные пожары также способствуют поступлению  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

Изменение концентрации  $\text{O}_2$  лесом проявляется меньше. Надземные органы растений не испытывают недостатка в  $\text{O}_2$ , а корневые системы обходятся меньшим количеством  $\text{O}_2$ .

На азот непосредственно лес влияние оказывает как путем поглощения его из атмосферы клубеньковыми бактериями, азотобактером, сине-зелеными водорослями, так и возвратом в атмосферу за счет разложения органического вещества, при сжигании органического вещества при лесных пожарах.

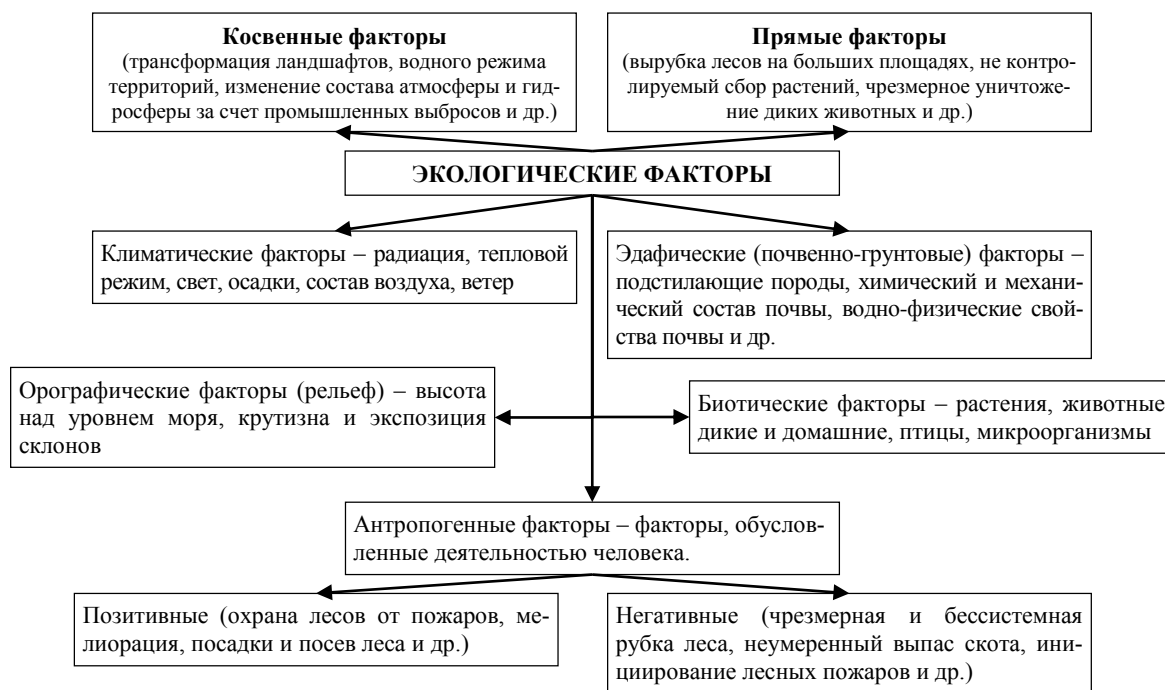


Рис. 40. Экологические факторы, определяющие развитие леса

Наверняка, зайдя в лес, любой человек замечает, что воздух стал другим. Лесной воздух особенный вследствие следующих факторов:

1. *Ионизация* кислорода в лесу происходит за счет фотоэлектрического эффекта на поверхности листьев при фотосинтезе.

2. *Выделение фитонцидов* – веществ, повышающих иммунитет растений и играющих определенную роль в их взаимоотношениях.

3. *Выделение аэрозолей* в виде пыльцы растений и спор грибов (ежегодно 1 га леса может выбрасывать в атмосферу от 60 до 700 кг пыльцы).

4. *Фильтрация пыли* осуществляется всеми ярусами растительности и органами растений, так как над лесом в жаркие дни нисходящий поток воздуха. В результате влияния ветра и осадков, а также вместе с лесным опадом, пыль поступает в почву. Один гектар леса в год отфильтровывает из воздуха до 50–70 т пыли.

Ветер также играет в лесу как положительную, так и отрицательную роль (табл. 14). Положительное влияние ветра на лес проявляется только до определенной пороговой интенсивности, превысив которую ветер приносит лесу вред. Положительная роль ветра в лесу проявляется:

- в раскачивании деревьев, что поддерживает почву в рыхлом состоянии и сохраняет ее оптимальные водно-физические свойства;
- развитию и укреплению корневых систем деревьев;
- подаче новых порций влаги и углекислого газа;
- активизации транспирации, что усиливает фотосинтез растений;

- формировании крон и стволов;
- охлаждении в жаркую погоду хвои и листьев;
- улучшении световой обстановки в насаждениях путем деформации крон и перемещения солнечных бликов;
- переносе пыльцы, что активизирует переопыление древесных растений (сосна, ель, пихта, кедр, дуб, бук, ольха и др.) и разнос семян, способствующий лесовозобновлению (береза, осина, сосна, ель, тополя, ивы и др.);
- усилении физического испарения почвы (в условиях переувлажнения);
- усилении проникновения осадков внутрь насаждения;
- снижении проявления поздних весенних и ранних осенних заморозков путем перемешивания теплых и холодных масс воздуха.

Таблица 14

### Аспекты влияния ветра на лес и их характеристик

Аспект	Характеристика
Морфологический	Ветер влияет на формирование внешнего вида ствола, кроны, корневой системы
Физиологический	Ветер влияет на транспирацию, фотосинтез деревьев
Биологический	Ветер переносит пыльцу, распространяет плоды и семена
Микроклиматический	Перераспределение влаги, тепла, изменение концентрации углекислого газа и улучшение световой обстановки в насаждении путем деформации крон и перемещение солнечных бликов, перенос пыли и поллютантов

Однако достаточно сильный ветер приносит лесу вред (рис. 41). Он может иссушать почву, особенно в засушливые периоды, приводить к повышенной транспирации растений, что ведет к увяданию их, расстройству процессов метаболизма, торможению роста.

Ветер переносит на большие расстояния аэропромышленные выбросы, расширяя и ухудшая состояние экосистемы леса; формирует сбежистые стволы, вызывает прикорневые наплывы, разрывает корневые системы деревьев, способствует охлестыванию лиственными породами (березой, например) деревьев хвойных пород, произрастающих под пологом; переносит снег и песок, вызывая коррозию коры у стволов деревьев. Дуя в одном направлении, ветер формирует у деревьев эксцентрические стволы, флагообразную крону, деформирует корневые системы, что особенно наблюдается вблизи морей, в горах.

Огромный вред лесу приносит ветер, вываливая с корнями (ветровал) или переламывая (бурелом, или ветролом) деревья (рис. 41). Наиболее разрушительны штормовые ветры и их порывы.

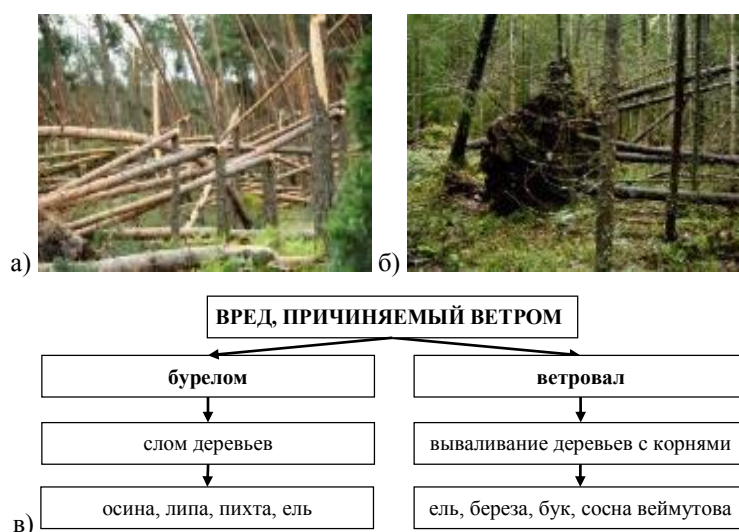


Рис. 41. Вред, причиняемый ветром: а – бурелом; б – ветровал; в – схематичное изображение воздействия ветра на разные породы деревьев



## Орографические факторы

Рельеф – косвенно действующий экологический фактор (рис. 42). Влияние рельефа заключается в перераспределении тепла (южные склоны теплее северных), воды (она задерживается в углублениях), света (освещенные и затененные склоны).



Рис. 42. Орографические факторы

## Эдафические факторы

Вся совокупность физических и химических свойств почвы, оказывающих экологическое воздействие на живые организмы, относится к эдафическим факторам.

Основные эдафические факторы:

- механический состав почвы (размер ее частиц);
- относительная рыхлость;
- структура, водопроницаемость;
- аэрируемость;
- химический состав почвы и циркулирующих в ней веществ (газов, воды).

Характер гранулометрического состава почвы может иметь экологическое значение для животных, которые в определенный период жизни обитают в почве или ведут роющий образ жизни (рис. 43). Личинки насекомых, как правило, не могут жить в слишком каменистой почве; роющие перепончатокрылые, откладывающие яйца в подземных ходах, многие саранчовые, зарывающие яйцевые коконы в землю, нуждаются в том, чтобы она была достаточно рыхлой.



Рис. 43. Обитатели почвы

Важной характеристикой почвы является ее кислотность (рис. 44). Нейтральные растворы имеют рН 7, кислая среда характеризуется значениями рН меньше 7, а щелочная – больше 7. Кислотность может служить индикатором скорости общего метаболизма сообще-

ства. Если показатель рН почвенного раствора низкий, это означает, что в почве содержится мало биогенных элементов, поэтому ее продуктивность крайне мала.



Рис. 44. рН-шкала кислотности почвы

По отношению к плодородию почвы различают следующие экологические группы растений:

- *олиготрофы* – растения бедных, малоплодородных почв (сосна обыкновенная);
- *мезотрофы* – растения с умеренной потребностью в питательных веществах (большинство лесных растений умеренных широт);
- *эвтрофы* – растения, требующие большого количества питательных веществ в почве (дуб, лещина, сныть).

Даже в одной зоне в зависимости от ее рельефа, уровня грунтовых вод, экспозиции склона и ряда других факторов создаются неодинаковые почвенные условия, которые отражаются на типе растительности. На рисунке 45 видно, что почва на территории неоднородна.



Рис. 45. Космический снимок участка сельскохозяйственной территории на территории Пермского края

**Биотические факторы: животные и птицы, насекомые, грибы, бактерии, высшие растения**

*Биотические факторы*, наряду с другими экологическими факторами, оказывают существенное влияние на жизнь леса и отдельные его компоненты. В роли биотических факто-

ров в лесу могут выступать растения, грибы, лишайники, многочисленные и разнообразные микроорганизмы, насекомые, беспозвоночные и позвоночные животные (рис. 43), человек.

Биотические факторы разделяются на *антагонистические* (отрицательно влияющие на организм, например, хищничество, паразитизм и конкуренция) и *симбиотические* (положительно влияющие на организм, например, комменсализм и мутуализм).

Взаимоотношения растений слагаются из различных форм влияния.

Основу соответствия растений друг другу составляют их благоприятные взаимоотношения, которые возможны при условии взаимного приспособления растений или выработки устойчивости к вредному влиянию. Поэтому не всякое сочетание древесных пород, а лишь некоторое способно образовать биологически устойчивое лесное насаждение.

Например, установлено, что дуб плохо растет и даже погибает при совместном выращивании с вязом, ясенем обыкновенным, белой акацией и некоторыми другими породами. В то же время, дуб хорошо растет и образует биологически устойчивые насаждения с кленом остролистным, липой мелколистной и др. Сам дуб не оказывает существенного влияния фитонцидами на своих естественных спутников.

Древесные породы, положительно влияющие на рост главной породы, называются *активаторами*; отрицательно влияющие – *ингибиторами*. Например, к породам-активаторам дуба следует отнести клен остролистный и липу мелколистную; а к породам ингибиторам – осину, березу, ясень, вяз.

Грибы являются важным структурным функциональным компонентом лесных экосистем.

Поселяясь на живых или отмерших растительных или животных тканях, грибы в процессе жизнедеятельности разлагают их при помощи своих ферментов, то есть минерализуют органические вещества. Уничтожая животных и растительные остатки, грибы играют важную санитарную роль в природе.

*Дереворазрушающие грибы* вызывают активное разрушение древесины растущих деревьев, заготовленных лесоматериалов и деревянных строительных конструкций.

Взаимоотношения между лесом и разнообразным животным миром, населяющим его, играют очень важную роль в жизни леса.

*Животный мир леса* очень многообразен и включает в себя млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных, насекомых, членистоногих и простейших.

Животный мир леса меняется вместе с изменением растительного покрова по географическим зонам.

Для каждой лесорастительной зоны характерны свои лесные обитатели из мира животных – от простейших до позвоночных.

Многие насекомые приносят большую пользу нашим лесам. Так, пчелы способствуют перекрестному опылению лесных растений; муравьи, особенно рыжий муравей, наездники, мухи-тахины, божьи коровки, жужелицы и другие хищные насекомые уничтожают большое количество вредных насекомых.

Влияние животного мира на жизнь леса многообразно. Оно сказывается на всех этапах его существования. С фауной связаны: опыление многих лесных растений, урожай и распространение семян и плодов, рост, развитие и продуктивность древесных пород, изменения в составе древостоев, санитарное состояние леса и т. д.

### **Огонь как экологический фактор**

Пожары в лесу, как правило, возникают по вине человека. Следовательно, лесные пожары можно считать одной из форм воздействия человека на лес. Причиной пожара в лесу может быть и молния. То есть выгорание лесов – явление не только антропогенное, но и вполне естественное, свойственное дикой природе.

Лесные пожары распределяются по территории неравномерно. Причины *лесных пожаров* значительно варьируют по периодам года и во многом зависят от освоенности лесных территорий, а, следовательно, наличия источника огня, лесорастительных и погодных условий. Если в целом по РФ частоту лесных пожаров принять за 1, то в резервных и защитных



лесах она будет равна 0,2, в лесах промышленного значения – 0,8, в лесах промышленно-лесохозяйственного назначения – 3,5, в местах с интенсивным лесным хозяйством – 5,2.

подавляющее большинство лесных пожаров (около 97 %) ликвидируется в начале их распространения на небольших площадях. Но основную долю площади лесов (до 70 %), пройденной огнем, дают крупные лесные пожары, составляющие до 3 % общего их числа (рис. 46), (табл. 15).

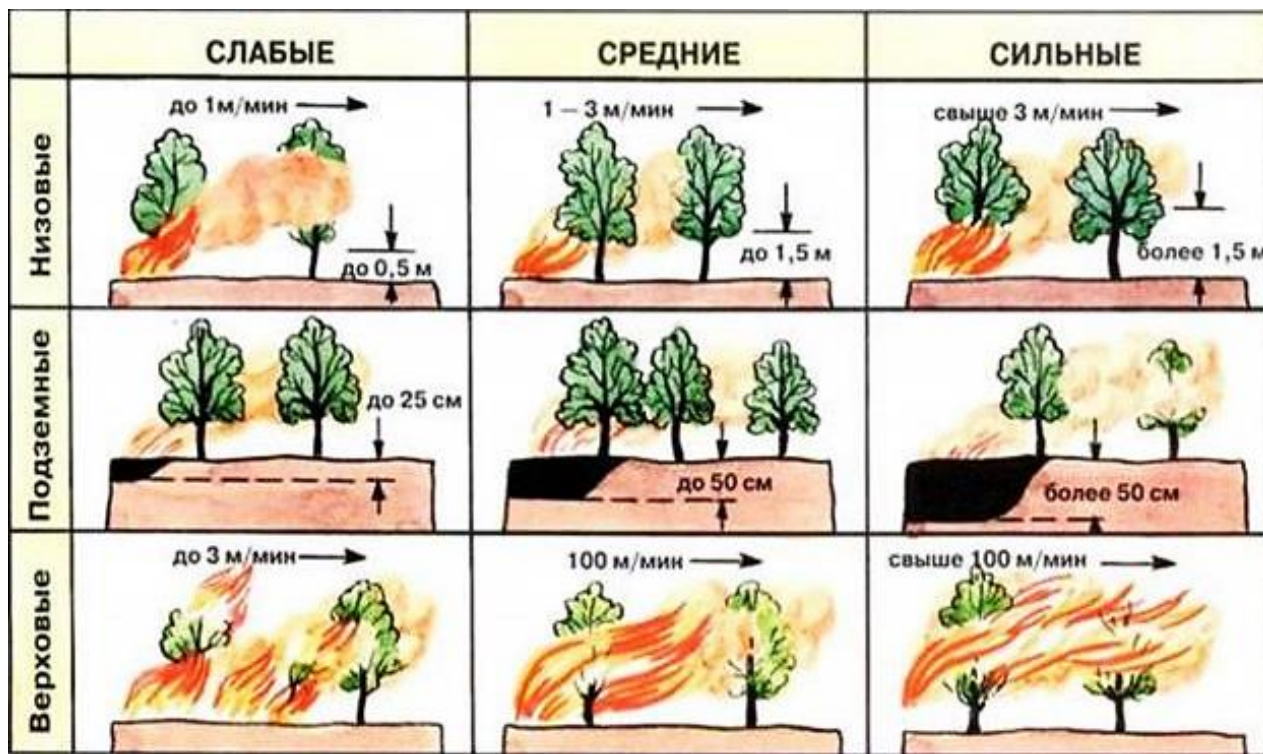


Рис. 46. Виды пожаров

Таблица 15

### Виды пожаров и их характеристика

Вид пожара	Характеристика
Низовые пожары	Древесные породы проявляют разную устойчивость. Наиболее устойчивы к огню старовозрастные древостои сосны и лиственницы. Сильно повреждаются при низовых пожарах с образованием <i>пирогенного некроза</i> ель, пихта, береза, осина и рябина
Верховые пожары	В большинстве случаев приводят к полной гибели деревьев на площади пожара
Подземные	Глубина прогорания слабого пожара – до 25 см, сильного – более 50 см

Хотя огонь является экологическим фактором, но тесно связан с биотическими факторами. Последствия лесных пожаров:

1. Наносят огромный ущерб лесному хозяйству.
2. Уничтожают или повреждают древостои, лесную фауну, вызывают прогорание лесной подстилки и почвы, уничтожают заготовленную древесину, сено и другие лесные товары (рис. 47).
3. Ведут к непроизводительным затратам материалов и труда при борьбе с ними.
4. Подвергают опасности жизнь людей.
5. Дым от крупных лесных пожаров препятствует проникновению солнечной энергии к земле. В результате этого замедляется процесс фотосинтеза, замедляется рост и развитие растений, снижается прирост лесных насаждений.
6. Во время сильных пожаров значительно прогорает почва. Это может вызвать ухудшение ее свойств, замедление почвообразовательных процессов, что сказывается на состоянии и продуктивности лесных насаждений.



7. Повреждая леса, пожары снижают водорегулирующую, почвозащитную, санитарно-гигиеническую, климатическую роль лесных насаждений.

8. Пожары в прибрежных лесах приводят к обмелению рек, периодическим наводнениям и быстрому размыву их берегов.

9. Уничтожая хвойные леса, пожары способствуют смене их менее ценными лиственными породами. Например, ель может смениться березой и осиной.

10. Лесные пожары вызывают ослабление ветроустойчивости оставшихся деревьев, что приводит к ветровалам.

11. У поврежденных лесными пожарами древостоев значительно снижается устойчивость против вредителей и болезней. С другой стороны, огонь уничтожает источники инфекций, носителей грибных и других болезней, а также и вредных насекомых.

#### ПОТЕРИ ДРЕВЕСИНЫ ВСЛЕДСТВИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

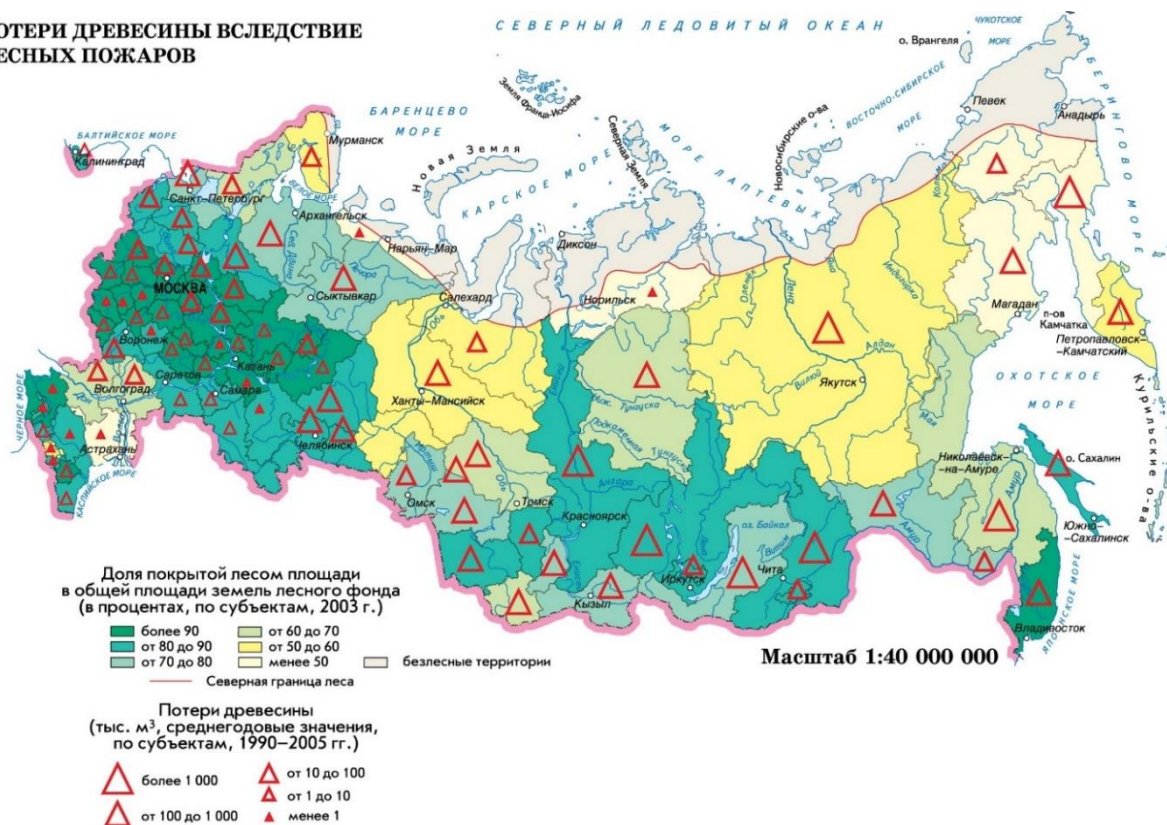


Рис. 47. Потери древесины вследствие лесных пожаров

Лесные пожары слабой интенсивности могут оказывать на лес положительное влияние. Повышается насыщенность почвы основаниями, усиливается ее нитрификация, в результате увеличивается продуктивность лесных насаждений. Уничтожая травяной и моховой покровы, толстую лесную подстилку, огонь создает благоприятные условия для возобновления леса.

#### Антропогенные факторы

**Рубки.** Влияние человека на жизнь леса исключительно велико. Одним из самых сильных воздействий человека на лесные экосистемы является *вырубка лесов*.

Рубки леса – это форма активного воздействия на леса, которое может быть позитивным и негативным. В результате рубки, т. е. при полном или частичном удалении деревьев, изменяются внешняя среда и лесорастительные условия: меняются световой и тепловой режимы, происходят гидрологические и другие изменения в почве. Изменение внешней среды оказывает влияние на прирост, жизненность, семеношение и др. свойства оставшихся деревьев, на напочвенный покров, возобновление, процессы формирования леса, его водоохранные, защитные и иные свойства, состав фауны.

Выбор способа рубки определяется хозяйственной целесообразностью, характером леса, природными, экономическими и социальными условиями, должен способствовать не истощительному лесопользованию, обеспечивать воспроизводство леса (рис. 48).

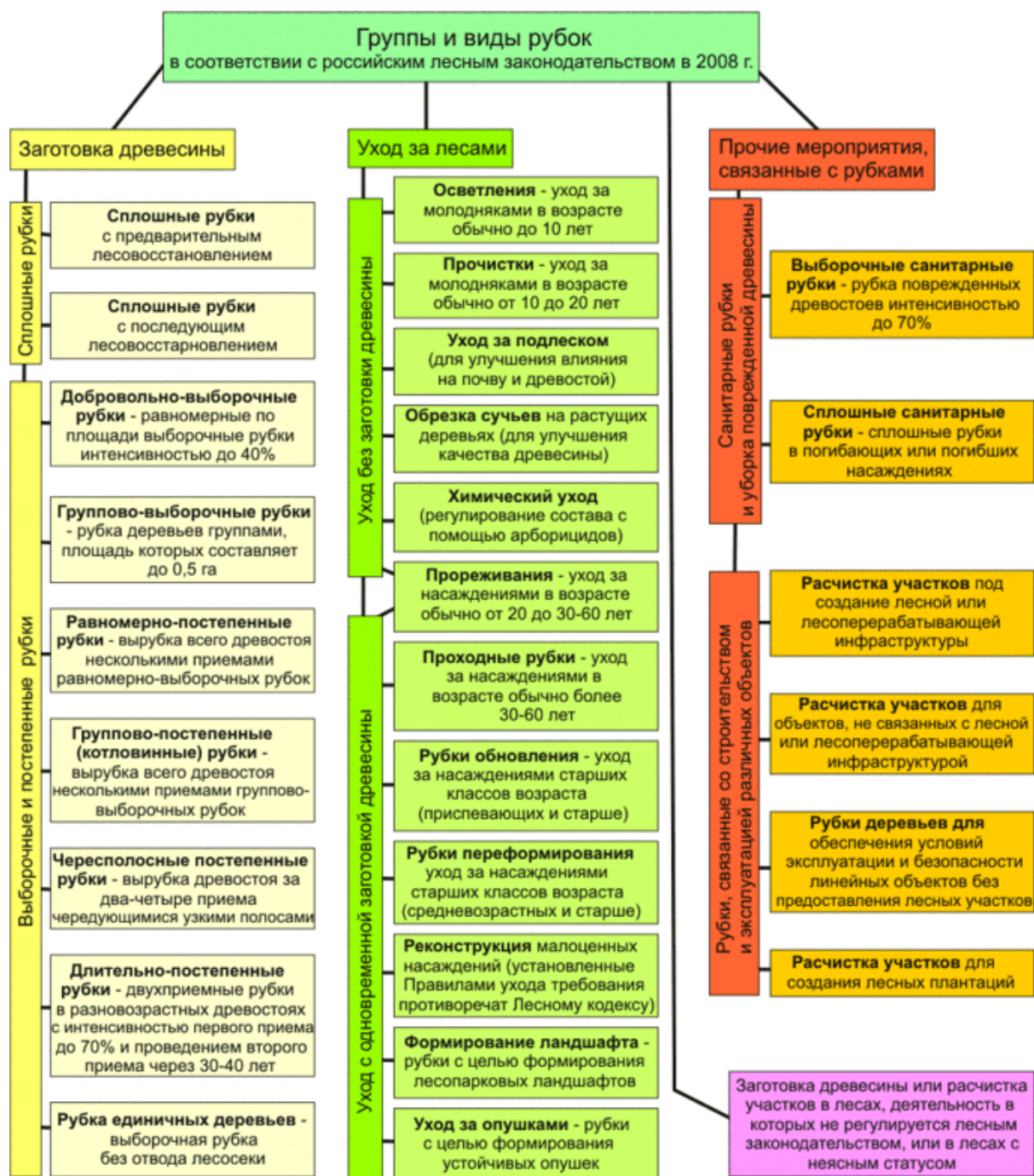


Рис. 48. Группы и виды рубок

После вырубки и вывозки деревьев остаются пни, сильно поврежденная почва и кострища от сжигания порубочных остатков. От лесного растительного сообщества с различными ярусами растений и сплошной лесной подстилкой на почве мало что остается. Происходит почти полное разрушение растительности и сильнейшее изменение условий существования растений.

После вырубки деревьев открытое пространство, лишенное деревьев, получает много света. Такое внезапное и резкое изменение освещенности негативно сказывается на живом напочвенном покрове. Например, лесные травы и мхи, привыкшие жить все время в тени, почти целиком погибают.



На вырубках изменяется и температурный режим. Колебания температуры воздуха и почвы здесь гораздо больше, чем в лесу. Лесные растения плохо приспособлены к таким резким перепадам температуры.

Вырубка деревьев приводит также к изменению влажности. К поверхности почвы на вырубках поступает значительно больше осадков, чем в лесу. Но и испарение влаги с поверхности почвы на вырубках также увеличивается. Вырубка леса влечет за собой изменение в водном режиме почв. Корни вырубленных деревьев отмирают и больше не поглощают влагу. Влажность почвы увеличивается, уровень грунтовых вод поднимается. В результате может произойти заболачивание территории.

После вырубки деревьев изменения затрагивают и лесную подстилку. На вырубленной территории на поверхность почвы попадает значительно меньше лесного опада, в результате чего запасы подстилки перестают пополняться. Старая же подстилка начинает быстро разлагаться и вскоре полностью исчезает.

Статья 16 Лесного кодекса РФ определяет общий порядок осуществления рубок лесных насаждений. В соответствии с данной статьей рубки лесных насаждений, т. е. деревьев, кустарников, лиан в лесах, – это процессы их спиливания, срубания, срезания.

Рубки могут быть главного и промежуточного пользования. *Рубки главного пользования* (рис. 49) представляют собой осуществление заготовки древесины в лесонасаждениях, достигших возраста спелости, в пределах действующей расчетной лесосеки. *Расчетная лесосека* – допустимый ежегодный объем изъятия древесины.



Рис. 49. Рубки главного пользования [32]

**Рубки промежуточного пользования** – это рубки ухода за лесом, санитарные рубки, а также рубки реконструкции малоценных насаждений и насаждений, теряющих защитные, водоохранные и другие природоохранные функции (рис. 50).

Под **рубками ухода за лесом** понимаются рубки лесных насаждений любого возраста, направленные на улучшение породного состава и качества лесов, повышение их устойчивости к негативным воздействиям и экологической роли. В зависимости от возраста лесных насаждений и целей ухода осуществляются следующие виды рубок ухода за лесами:

- а) осветления – направленные на улучшение породного и качественного состава молодняков и условий роста деревьев главной древесной породы;
- б) прочистки – направленные на регулирование густоты лесных насаждений и улучшение условий роста деревьев главной древесной породы, а также на продолжение формирования породного и качественного состава лесных насаждений;
- в) прореживания – направленные на создание благоприятных условий для правильного формирования ствола и кроны деревьев;

- г) проходные рубки – направленные на создание благоприятных условий для увеличения прироста деревьев;
- д) обновления – проводимые в приспевающих, спелых и перестойных насаждениях для создания благоприятных условий для роста молодых перспективных деревьев, имеющих в насаждении;
- е) переформирования – проводимые в сформировавшихся средневозрастных и старшего возраста насаждениях с целью коренного изменения их состава, структуры, строения путем регулирования и создания благоприятных условий роста деревьев целевых пород, поколений, ярусов;
- ж) формирования ландшафта – направленные на формирование лесопарковых ландшафтов и повышение их эстетической, оздоровительной ценности и устойчивости.



Рис. 50. Рубки промежуточного пользования [32]

Санитарные рубки лесных насаждений могут быть выборочными и сплошными. Выборочные рубки осуществляются в отношении погибших и поврежденных лесных насаждений при проведении санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах. Сплошные санитарные рубки, т. е. рубки, при которых вырубается древостой на площади 0,1 га и более, проводятся в насаждениях, утративших биологическую устойчивость, и назначаются независимо от возраста насаждений в тех случаях, когда выборочные санитарные рубки уже не могут оздоровить насаждения или приводят к снижению их полноты ниже допустимой, при которой возможно обеспечить сохранение жизнеспособности насаждений и выполнение ими их целевых функций.

**Рекреация.** В последнее время наши леса все чаще используются в качестве мест массового отдыха населения, то есть для рекреационных целей. Леса принимают все больше посетителей, что приводит к возрастающему воздействию человека на лесные экосистемы.

Лес создает исключительно благоприятные возможности для разнообразного отдыха людей в любое время года. И эта давно известная полезность стала наиболее очевидной и необходимой именно в наше время.

Но как определить степень нарушенности лесов от рекреационного воздействия? Ясно, что чем больше людей отдыхает в лесу, тем сильнее причиняемые ими нарушения. Ка-



ковы же предельно допустимые нормы посещения наших лесов? Они различны для разных типов леса. Например, предельно допустимой нормой посещения в ельниках-кисличниках считается 15 человек на 1 га, в сосняках – 7 человек, а в березняках с густым травянистым покровом – 25–30 человек. Следовательно, наиболее уязвимыми при антропогенных нагрузках являются сосняки, менее ранимы ельники, а березняки считаются более устойчивыми.

Лес может выдерживать приведенные выше нагрузки короткое время – не более 5–7 лет. После этого лесам необходим отдых от посетителей.

Стоит отметить интересный факт, что в настоящее время для многих регионов России воздействие рекреантов в основном происходит на леса, не приспособленные для отдыха.

Воздействие рекреации на лес происходит в различных формах:

- *дорожная форма* характерна тем, что рекреанты размещаются в лесу и передвигаются по дорогам и тропам с асфальтированным покрытием. Воздействие на среду проявляется в шуме, загрязнении отбросами и другими факторами беспокойства. Происходит изъятие лесной площади под техническую инфраструктуру (здания, спортивные площадки и сооружения и пр.);

- *добывательская*, которая включает сбор грибов, ягод, цветов, лекарственных растений и других даров леса. Жизнь большинства жителей нашей страны всегда была связана с лесом. В настоящее время использование лесных материалов значительно возросло в силу ряда экономических причин;

- *бивуачная* форма связана с установлением в лесу палаток и разжиганием костров, заготовкой дров, кольев, веток, выжиганием напочвенного покрова и подстилки.

Очень популярным является *туризм*. Встречаются следующие виды туризма: водный, автомобильный, конный и т. д. Сразу после вскрытия рек ото льда и до зимнего ледостава водные ресурсы подвергаются воздействию потоков отдыхающих и путешествующих на байдарках, лодках и плотах.

*Автомобильный* туризм, занимая значительную долю в отдыхе, заключается в передвижении рекреантов вне дорог по напочвенному покрову. При этом выделяются выхлопные газы, горюче-смазочные вещества, почвенный покров разрушается ходовой частью.

Очагами разрушения природных ландшафтов являются стоянки и места ночлега. В связи с дефицитом дров увеличивается использование растущего леса. Из-за вытоптанности и сильной захламленности берегов отдыхающие меняют места стоянок. В процесс нарушения включаются новые участки леса. При посещении леса автотуристами повреждения леса значительно увеличиваются.

Антропогенное давление на природные экосистемы усиливается. Чтобы сохранить лесные биогеоценозы, необходимо организовывать охраняемые территории. В ХМАО-Югре это заповедники, заказники, природные парки и памятники природы. Рассмотрим некоторые.

**Чеускинский бор** – памятник природы, созданный в целях сохранения уникального кедрового массива и поддержания естественного состояния лесной среды, изучения уникального природного комплекса в природоохранном, научном, эстетическом и эколого-просветительском отношении, а также для поддержания общего экологического баланса (рис. 51).



**Рис. 51. Чеускинский бор [48]**

**Ильичевский бор** – памятник природы, созданный в целях сохранения уникального островного кедрового бора и поддержания естественного состояния лесной среды, изучения уникального природного комплекса в природоохранном, научном, эстетическом и эколого-просветительском отношении (рис. 52).



**Рис. 52. Ильичевский бор [42]**

Лесоболотная зона «Большое Каюково» – памятник, созданный в целях поддержания общего экологического баланса территории, сохранения особо ценных природных ландшафтов (болотных комплексов и кедровых лесов, которые занимают 40 % территории памятника природы), а также сохранения и воспроизводства, нуждающихся в охране диких животных, растений, в том числе занесенных в Красную книгу ХМАО-Югры (рис. 53).



Рис. 53. Лесоболотная зона «Большое Каюково» [42]

**Экологическая оценка пастьбы скота.** Выпас скота в лесу приводит в основном к отрицательным последствиям. Вред выражается в объедании побегов древесных и кустарниковых пород, уничтожению ценных пород и смене их малоценными породами, что приводит к изменению структуры подпологовой растительности. Положительное воздействие пастьбы скота заключается в следующем:

- обнажается и рыхлится почва, что полезно для возобновления леса;
- уничтожается сорная растительность и личинки вредных насекомых;
- образуемые скотопрогонные тропы имеют противопожарное значение.

Положительное воздействие человека проявляется в преобразовании некоторых лесорастительных условий, например, к уменьшению площади заболоченных лесных земель.

**Гидролесомелиорация** – это система гидротехнических, агротехнических и лесохозяйственных мероприятий по осушению избыточно увлажненных земель лесного фонда, направленная на увеличение площади лесов, повышение их производительности, улучшение их использования и охраны. Гидролесомелиорация благотворно влияет на климат, водный режим рек, видовое разнообразие лесной флоры и фауны, условия жизни и труда людей (рис. 54).





Рис. 54. Осушительный канал в лесном массиве [15]

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕСОВ

### Зонирование лесов на земном шаре

Границы распространения лесов, их состав и продуктивность определяются такими ведущими климатическими факторами, как тепло и осадки, их количеством и соотношением (рис. 55).

Северная граница распространения лесов совпадает с июльской изотермой  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , т. е. основным ограничивающим фактором распространения лесов на север является недостаток тепла, особенно в почве. Он ограничивает не только рост вегетативных органов, но и семеношение (на северной границе семена созревают редко, иногда один раз в столетие).

На распространение лесов, кроме недостатка тепла, влияют и зимне-весенние климатические условия, т. е. абсолютные амплитуды температур, сухость воздуха и ветры, вызывающие потерю растениями влаги. Например, если в северной части России на границе с тундрой выходят ель и сосна, то в Сибири – только лиственница.

Южная граница распространения лесов также связана с климатом и совпадает с величиной отношения количества испарившейся влаги с водной поверхности к количеству осадков, равной 1,1. Южнее для возобновления леса не хватает влаги.



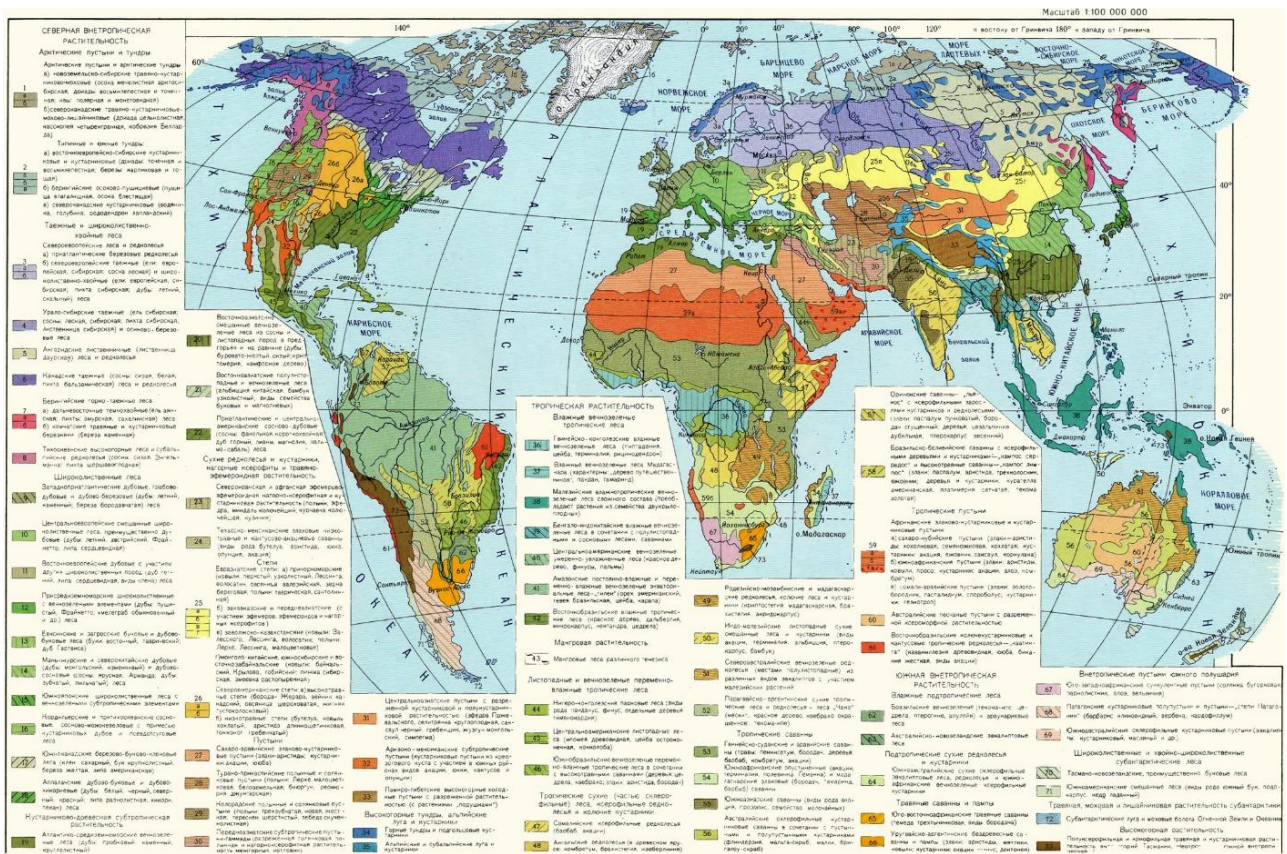


Рис. 55. Карта растительности мира [11]

На земном шаре в общей классификации выделено шесть типов лесной растительности (табл. 16):

- 1) хвойные леса холодной зоны;
- 2) смешанные леса умеренного пояса;
- 3) влажные леса теплого умеренного климата;
- 4) тропические влажные лиственные леса;
- 5) экваториальные дождевые леса;
- 6) леса сухих областей.

Таблица 16

**Типы лесов и их характеристика**

Типы лесов	Характеристика
Хвойные леса холодной зоны	Приурочены к северному полушарию и огибают его, проходя через всю Россию, Скандинавию, Канаду и США. Климат характеризуется продолжительными суровыми зимами, мощным устойчивым снежным покровом, относительно коротким нежарким летом. Породный состав небольшой: сосна обыкновенная, ель сибирская, ель европейская, лиственница сибирская, лиственница даурская, и др., кедр сибирский, пихта, береза, осина, ива. Леса холодной зоны имеют как глобальное биосферное значение, так и хозяйственное – из них заготавливают наиболее ценную хвойную древесину
Смешанные леса умеренного пояса	Расположены южнее хвойных лесов холодной зоны и охватывают северное полушарие по кольцу. Климатические условия: зима мягче, лето теплее, вегетационный период длиннее. Преобладают дуб, бук, граб, липа, клен, орех, каштан, сосна, ель, лиственница, а в северной Америке – дугласия, туя. Наибольшее хозяйственное значение имеют хвойные породы
Влажные леса теплого умеренного климата	Встречаются фрагментарно во Флориде, на северо-западе Южной Америки, на юго-западе и юго-востоке Австралии в юго-восточной Азии. Климат в этих регионах еще более мягкий по сравнению с предыдущими типами лесной растительности. Видовой состав древесных растений достаточно разнообразен: короткохвойные и длиннохвойные виды сосен, болотный кипарис, эвкалипт, лавр, криптомерия, магнолия, секвойя. Посадки густые, сложные. Наибольшее хозяйственное значение имеют леса с участием в них хвойных пород

Типы лесов	Характеристика
Тропические влажные лиственные леса	Приурочены к регионам с обилием тепла и периодическим выпадением осадков (влажные сезоны чередуются с засушливыми). Площадь лесов этой зоны небольшая, есть они на всех континентах. Листопадные – по причине засухи. Видовое разнообразие древесных пород довольно большое: баобаб, зонтичная акация, тиковое дерево и др.
Экваториальные дождевые леса	Произрастают по обе стороны от экватора и сосредоточены в Южной Америке, Африке, Индонезии. Климат характеризуется обильными осадками, выпадающими в течение всего года; средней температурой больше 20 °С. Вегетативный период длится весь год
Леса сухих областей	Занимают часть тропической Африки, Австралии, Индии, Средиземноморья, встречаются и в Южной Америке. Климат характеризуется резко выраженными засушливыми сезонами. Преобладают сосна приморская, кедр гималайский, дуб пушистый, каменистый, пробковый, лавр вечнозеленый и др. Эти леса давно эксплуатируются, сильно расстроены и удовлетворяют лишь местные потребности населения

Помимо горизонтальной (широтной) зональности в распространении растительности в горах наблюдается вертикальная зональность (высотные пояса растительности), (рис. 56, 57).

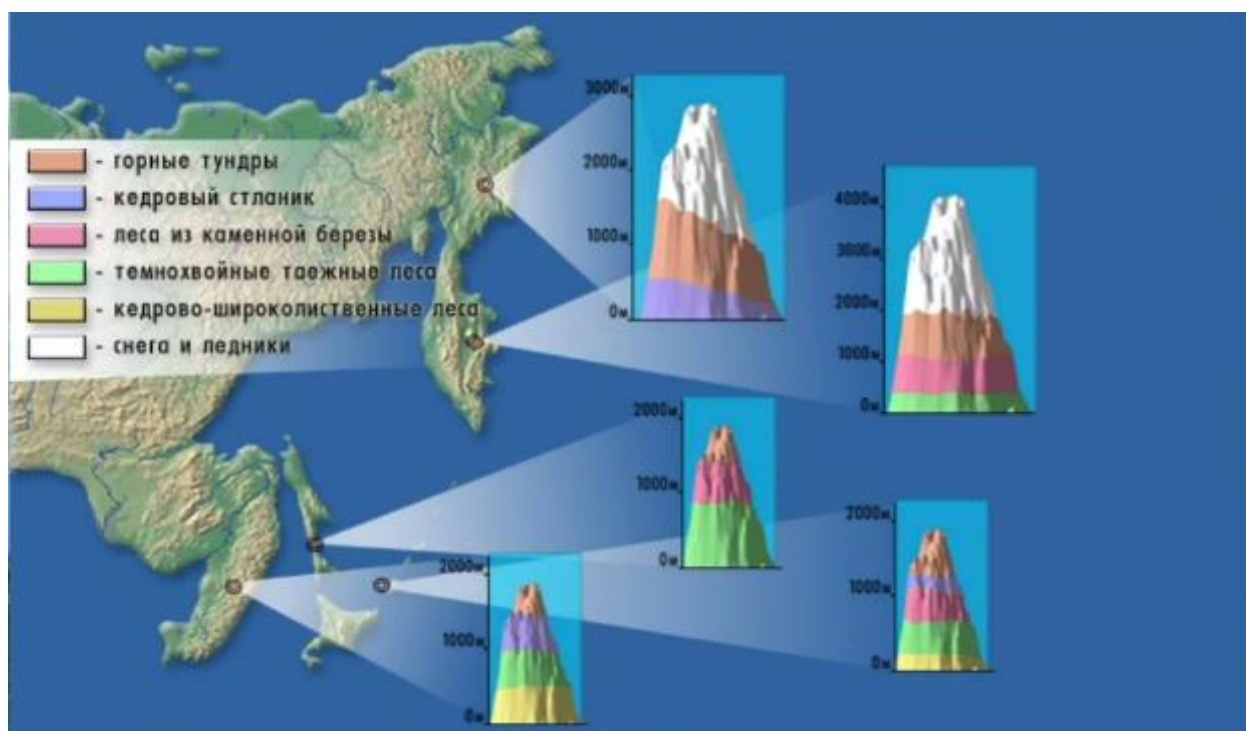


Рис. 56. Смена природных зон с высотой

С поднятием в горы климат меняется примерно так же, как при движении с юга на север. В связи с этим происходит последовательная смена поясов растительности. Число поясов зависит от того, в какой зоне находятся горы: чем выше горная система и чем ближе она к экватору, тем больший набор высотных поясов она содержит.

Разная экспозиция склонов гор вносит в это чередование большое разнообразие, подчеркивая зависимость растительности от климатического фактора.

Тому или иному климату соответствуют характерные ему леса.

## Лесорастительное районирование

На территории РФ выделяются 8 лесорастительных зон (рис. 58) в зависимости от природно-климатических условий (леса в этих зонах с относительно однородными лесорастительными признаками):

- зона притундровых лесов и редкостойной тайги;
- таежная зона;
- зона хвойно-широколиственных лесов;
- лесостепная зона;
- степная зона;
- зона полупустынь и пустынь;
- зона горного Северного Кавказа и горного Крыма;
- южно-Сибирская горная зона.

На основе лесорастительного районирования осуществляется установление лесных районов с относительно сходными условиями использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов.

Лесорастительные зоны и лесные районы в соответствии с научно обоснованной методологией определяются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.

Возрасты рубок лесных насаждений (возрасты лесных насаждений, устанавливаемые для заготовки древесины определенной товарной структуры), правила заготовки древесины и иных лесных ресурсов, правила пожарной безопасности в лесах, правила санитарной безопасности в лесах, правила лесовосстановления и правила ухода за лесами устанавливаются для каждого лесного района уполномоченным федеральным органом исполнительной власти.



Рис. 58. Лесорастительные зоны Российской Федерации



## Лесорастительное районирование Ханты-мансийского автономного округа

Лесорастительное районирование создает природную (экологическую) основу для изучения лесного покрова, для специализации всего комплекса лесоводственно-хозяйственных мероприятий по использованию лесов, их восстановлению после сплошных рубок, пожаров и других разрушающих воздействий, а также для мероприятий по повышению продуктивности лесных земель. Границы районов достаточно стабильны.

Для округа принята следующая иерархия таксономических единиц: лесорастительная страна, лесорастительная провинция, лесорастительная зона и подзона, лесорастительный район.

Территория ХМАО-Югры входит в состав двух лесорастительных стран: Уральской горной и Западно-Сибирской равнинной (рис. 59).

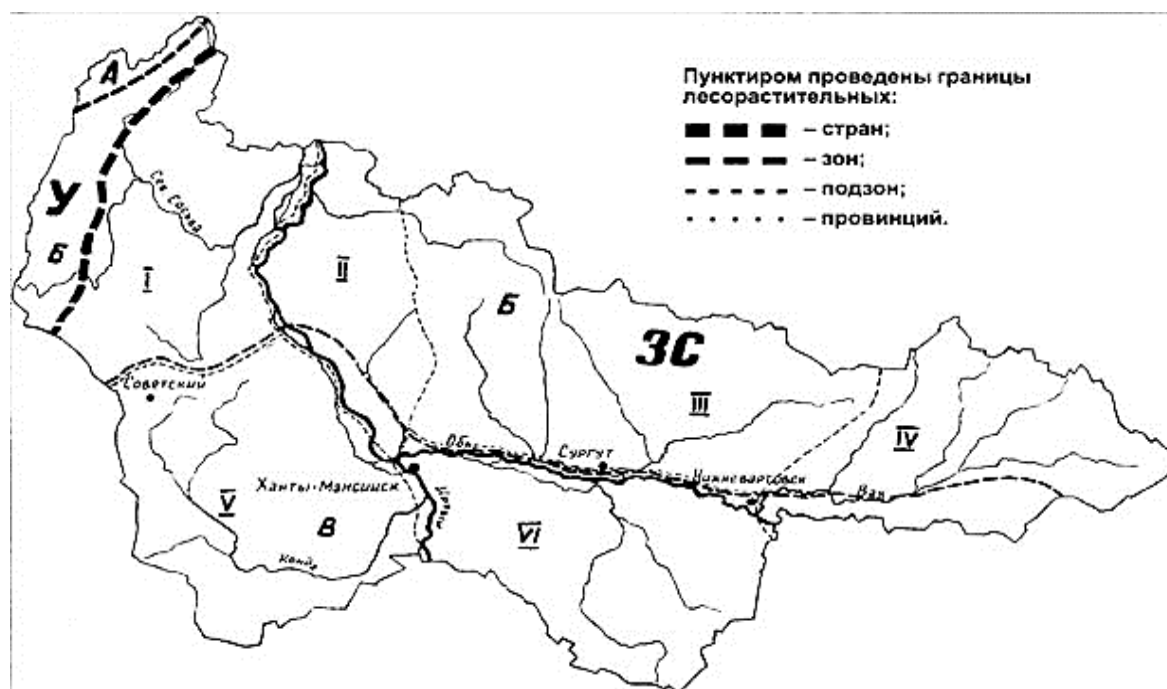


Рис. 59. Лесорастительное районирование ХМАО-Югры [53]

**Уральская горная лесорастительная страна (на рис. 59 – У).** Территория слабо заселена и изучена. Здесь выделены две лесорастительные зоны.

**Зона горной лесотундры и предтундровых редколесий (на рис. 59 – А).** Лесная растительность не поднимается выше 400–500 м над у. м. Верхняя граница леса изменчива, более высоко редколесья поднимаются по глубоким долинам рек. Преобладают горные редколесья из лиственницы сибирской, березы извилистой, в южной части распространены ель сибирская и кедр сибирский. Климат суровый, среднегодовая температура ниже  $-4^{\circ}$ , вегетационный период около трех месяцев с низкими температурами и с частым возвратом холодов, большая скорость суровых арктических ветров, устойчивая реликтовая и многолетняя мерзлота почвогрунтов, слабое развитие почв, обилие каменистых россыпей – все это неблагоприятно отражается на древесной растительности. Для лесов характерна крайне низкая продуктивность (Va–Vб кл. бонитета). Однако лесной покров здесь имеет исключительно важное климатоулучшающее, почвозащитное и водоохранно-водорегулирующее значение.

**Подзона горных северотаежных лесов (на рис. 59 – Б).** Улучшение к югу вдоль Урала климатических условий определяет появление настоящих таежных лесов со специфической таежной флорой. В горы леса поднимаются до 600–700 м над у. м. Лесистость территории доходит до 70–80 %. Нижний пояс гор, предгорья и прилегающие равнины заняты преимущественно сосновыми лесами, значительна площадь ельников с примесью пихты.



Широко распространены производные березовые леса с подростом темнохвойных пород по старым гарям. Продуктивность лесов повышается до V–Va бонитетов, а в долинах рек можно встретить древостои IV бонитета. Для верхнего лесного пояса гор характерны лиственничные и пихтовые редколесья и криволесья из березы извилистой. Выше границы леса начинается горная тундра. Во всех случаях широко представлен лишайниково-кустарничковый покров (кустарнички: багульник, водяника, толокнянка, брусника, ива полярная, карликовая береза и др. виды). Эти ландшафты используются в качестве горных оленьих пастбищ.

**Западно-Сибирская равнинная лесорастительная страна (на рис. 59 – 3С).** Наиболее характерной особенностью Западно-Сибирской равнины является четко выраженная широтная зональность во всех природных компонентах, физико-географических процессах и явлениях. На равнине выделяется весь классический спектр широтных географических зон северного полушария Земли: от зоны арктических пустынь до степной зоны на юге.

**Подзона северной тайги (на рис. 59 – Б).** Общая ширина полосы северной тайги колеблется в пределах 300–500 км. Основу растительного покрова образуют сфагновые болота верхового типа и заболоченные леса. Площадь болот в северной тайге ХМАО достигает 10,8 млн га, что составляет 63 % от покрытой лесом площади, или около 36 % общей площади лесных земель. Просматриваются тенденции к дальнейшему заболачиванию лесов. Это естественный процесс, препятствуют ему только пожары либо резкие изменения в гидрологическом режиме земель. Способствует заболачиванию строительство насыпных дорог и нефтегазопроводов. Лесной покров подзоны представлен сосновыми, елово-кедровыми, еловыми и березовыми лесами.

Леса занимают наиболее дренированные ландшафты, они мозаично размещены в пространстве или вытянуты неширокими лентами вдоль пойм рек. Плоские водоразделы обычно заболочены и безлесны. Более компактны лесные массивы в районах резко очерченных возвышенностей (Северо-Сосьвинские увалы, Люлим-Вор, Кондо-Сосьвинский водораздел, правобережье Оби ниже Ханты-Мансийска). Сомкнутость полога древостоев средняя. Продуктивность низкая, в среднем около V бонитета, в лучших лесорастительных условиях доходит до III бонитета. Для подзоны характерно наличие в покрове почти всех типов леса северных кустарничков (водяника, багульник, голубика), которые произрастают здесь, как и в более северных районах, на минеральных субстратах.

Запасы древесины в лесах подзоны значительны, среднегодовой прирост составляет около 17,8 млн м<sup>3</sup>. Поэтому леса имеют важное лесопромышленное значение.

**Подзона средней тайги (на рис. 59 – В).** Подзона охватывает лесные массивы бассейнов Конды, Нижнего Иртыша и левобережья широтного отрезка Оби. Природу этой подзоны лаконично можно определить как более благополучную во всех отношениях по сравнению с предыдущей. Заболоченность территории в среднем около 40 %; особенно велики массивы болот в левобережье нижнего течения Конды и Иртыша, а также на Обь-Иртышском водоразделе, где заозеренность и заболоченность доходят до 80–90 %. Общая площадь болот около 7 млн га. Более 50 % покрытой лесом площади здесь занимают сосняки, около 10 % – кедровники и около 8 % – ельники. На производные березняки приходится 20 %, осинники – 4 % площади. В последние годы идет резкое сокращение площади кедровых лесов в результате рубок и смены перестойных кедровников на елово-пихтовые насаждения.

## ТИП УСЛОВИЙ МЕСТОПРОИЗРАСТАНИЯ

Нам уже известно, что насаждение – это элементарный, однородный участок леса, отличающийся от соседних по характеру растительности, главным его компонентом является древостой. Насаждения могут отличаться происхождением, составом, возрастом, степенью сомкнутости или формой. И, таким образом, они могут быть объединены в различные типы. Тип насаждения, по Г. Ф. Морозову, есть совокупность насаждений, объединенных в одну обширную группу общностью условий местопроизрастания или почвенно-грунтовых условий.

*Тип насаждения* – элементарная ячейка природы, имеющая достаточно объективные критерии выделения. К разным типам относят однородные участки леса, различающиеся либо по составу и структуре коренных древостоев (появление или выпадение древесных пород, обладающих разной требовательностью к условиям среды, их переход из подчиненных ярусов в верхний полог и наоборот), либо по продуктивности (как правило, на один класс бонитета).

### Эколого-фитоценотическая типология В. Н. Сукачёва

Тип леса В. Н. Сукачёв определял по преобладающим растениям – эдификаторам (создателям среды) – и называл его по господствующей древесной породе и преобладающему виду напочвенного покрова (доминантам). На основании этого В. Н. Сукачёв все леса подразделяет:

1) на хвойные леса, среди которых выделяет темнохвойные (ельники, кедровники и пихтарники), светлохвойные (сосняки и лиственничники) и из древовидных можжевельников (рис. 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66);

2) лиственные леса, включающие в себя широколиственные (дубняки, липняки, ясеники, кленовики, черноольшанники, букняки, грабники, каштанники) и мелколиственные (березняки, осинники, сероольшанники, тополевики, ивняки из древовидных ив).

Темнохвойные и светлохвойные леса В. Н. Сукачёв подразделял на группы типов: лишайниковые, зеленомошниковые, долгомошниковые, сфагновые, травяно-болотные, широкотравные и сложные. Березняки и осинники он относил к производным типам леса.

Сосняки и ельники В. Н. Сукачев расположил в виде осей координат, где в центре на пересечении осей находится сосняк-кисличник или ельник-кисличник (рис. 60, 61).

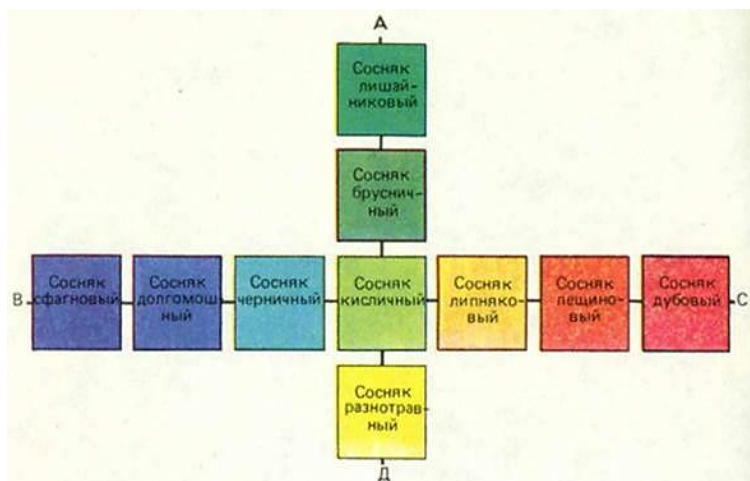


Рис. 60. Схема типов сосновых лесов, по В. Н. Сукачеву [55]

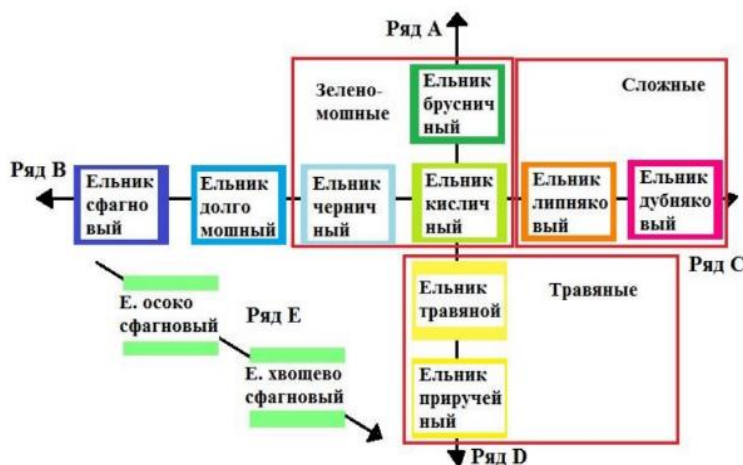


Рис. 61. Экологическая-фитоценотическая типология В. Н. Сукачева для еловых лесов [55]

По оси А располагается ряд постепенного увеличения сухости и бедности местообитаний. Здесь последовательно располагаются брусничники и лишайниковые типы.

По оси D постепенно нарастает проточное увлажнение, в условиях которого формируются травяно-болотные типы.

По оси В постепенно увеличивается заболачивание, ухудшается аэрация и плодородие местообитания, здесь последовательно располагаются черничники, долгомошники и сфагновые типы.

Направление оси С – увеличение богатства почвы и сухости. Здесь последовательно располагаются липовые, лещиновые и дубовые типы сосняков и ельников (в ельниках выпадает лещиновый тип).

**ЕЛЬ** – ГЛАВНАЯ ПОРОДА ДЛЯ ДАННЫХ УСЛОВИЙ

**ЧЕРНИКА ОБЫКНОВЕННАЯ** – КАК ИНДИКАТОР ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ И УСЛОВИЙ УВЛАЖНЕНИЯ



Рис. 62. Ельник черничный (Е ч).



ЕЛЬНИК БРУСНИЧНЫЙ (Е бр)



ЕЛЬНИК ЗЕЛЕНОМОШНЫЙ (Е эм)



ЕЛЬНИК ХВОЩЕВО-СФАГНОВЫЙ (Е хв-сф)

Рис. 63. Разнообразие еловых типов леса

**СОСНА ОБЫКНОВЕННАЯ** – ГЛАВНАЯ ПОРОДА ДЛЯ ДАННЫХ УСЛОВИЙ

**КИСЛИЦА ОБЫКНОВЕННАЯ** – ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЛЕСНОГО УЧАСТКА



Рис. 64. Сосняк кисличный (С к)



СОСНЯК ЛИШАЙНИКОВЫЙ (С лш)



СОСНЯК ЛИПНЯКОВЫЙ (С лп)



СОСНЯК СФАГНОВЫЙ (С сф)

Рис. 65. Разнообразие сосновых типов леса





Рис. 66. Другие типы таежных лесов

Типы условий местопроизрастания в концентрированном виде наглядно выражены в эдафической сетке Е. В. Алексеева и П. С. Погребняка (рис. 67), (табл. 17). В ее основе заложены две классификационные ординаты: трофности и увлажнения. Трофогенные ряды отражают наличие в почве питательных веществ. Отдельные члены ряда названы трофотопами. Степень увлажнения почвы характеризуется гигротопами. Каждая лесокультурная площадь одновременно характеризуется трофотопами и гигротопами, которые в комплексе оценивают условия местопроизрастания – эдатоп.

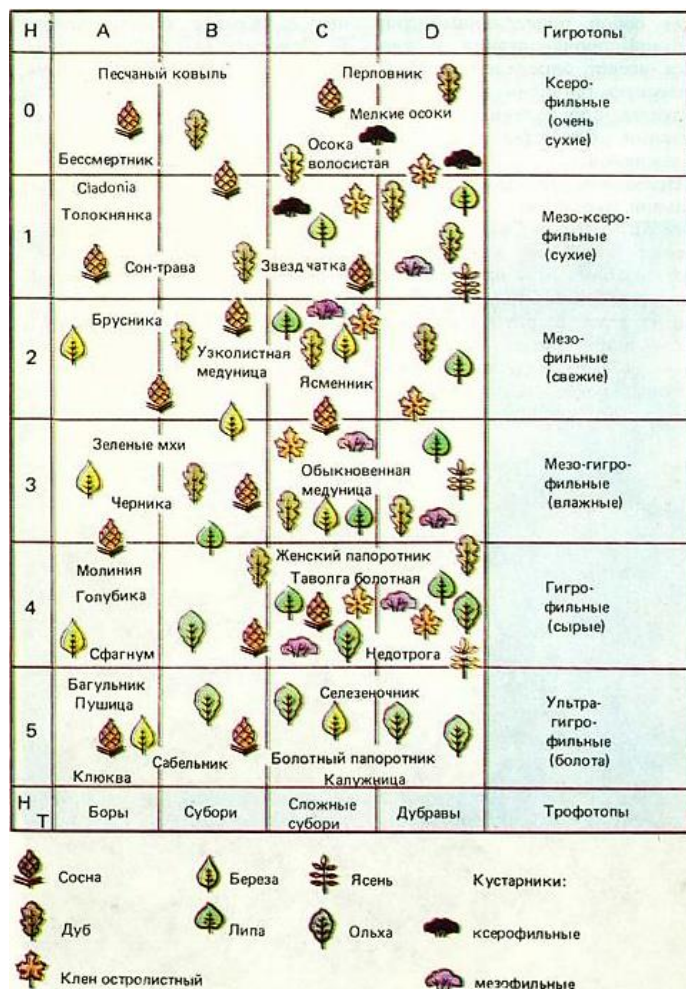


Рис. 67. Эдафическая сетка Е. В. Алексеева и П. С. Погребняка [55]

Таблица 17

Тип условий местопроизрастания

Тип условий местопроизрастания	Боры	Субори	Судубравы	Дубравы
Ксерофильные (очень сухие)	A <sub>0</sub>	B <sub>0</sub>	C <sub>0</sub>	D <sub>0</sub>
Мезоксерофильные (сухие)	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>
Мезофильные (свежие)	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>



Тип условий местопроизрастания	Боры	Субори	Судубравы	Дубравы
Мезогигрофильные (влажные)	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>
Гигрофильные (сырые)	A <sub>4</sub>	B <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	D <sub>4</sub>
D5Ультрагигрофильные (болота)	A <sub>5</sub>	B <sub>5</sub>	C <sub>5</sub>	D <sub>5</sub>

Предложенная классификационная схема типов условий местопроизрастания позволяет составить ориентировочное представление об условиях почвенного питания деревьев, кустарников, трав и мхов, образующих лес в различных эдатопах. На основании эдафической сетки определяются породный состав и способы обработки почвы под лесные культуры, обеспечивающие оптимальные условия для корневого питания древесных и кустарниковых растений, выращиваемых в культурах (табл. 18, 19), (рис. 68).

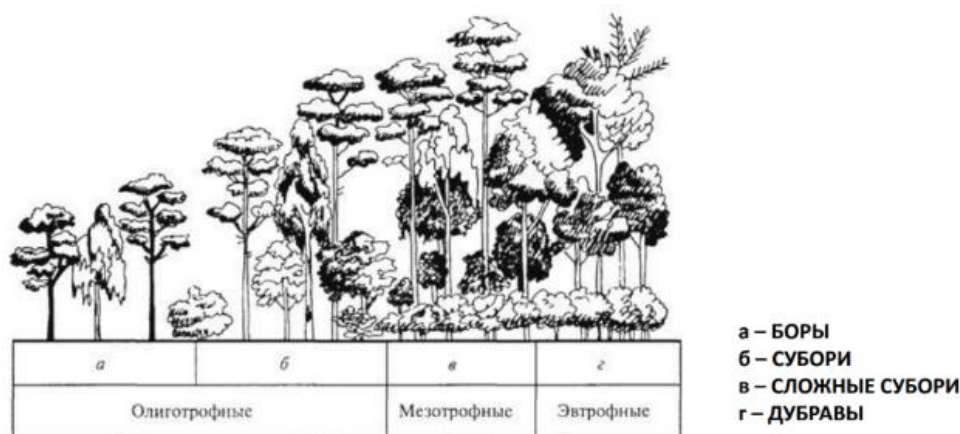


Рис. 68. Зависимость состава и формы леса от плодородия почвы [26]

От бора к дубравам нарастает плодородие почвы и соответственно этому изменяется облик леса (табл. 18).

Таблица 18

### Типы лесов и их характеристика

Тип леса	Характеристика
Бор	Одноярусные сосновые с примесью березы насаждения средних или низких бонитетов на песках; в подлеске – можжевельник, вереск, ягодники; в живом покрове – багульник, лишайники, зеленые мхи
Суборь	Двухъярусные сосново-дубово-березовые насаждения (сосна высокого бонитета) на глинистых песках; в подлеске, кроме боровых видов, рябина; в покрове – грушанки, папоротник орляк и др.
Сложная суборь	Коренные насаждения представляют собой смешанные хвойно-лиственные насаждения, занимающие промежуточные по условиям плодородия почвы между простыми субориями и дубравами. В зависимости от географических условий состав насаждений в сложных субориях сильно варьирует. Этому типу леса соответствует несколько климатических форм. В северной части лесной зоны в состав коренных насаждений сугрудков входят главным образом ель и сосна, в северо-восточной – ель, пихта, сосна и лиственница. В южной и особенно в юго-западной части лесной зоны преобладают сосново-елово-дубовые (елово-широколиственные) насаждения
Рамень	Тип елового леса на суглинистых, хорошо дренированных почвах. Еловые насаждения со значительным участием мелколиственных пород называют подрамнем, с примесью широколиственных – сураменью. Постоянна небольшая примесь сосны, осины, березы. Древостой высокого класса бонитета. Насаждения характеризуются большой продуктивностью и хорошим качеством древесины
Сурамень	Трех-четырёхъярусные насаждения из сосны высших бонитетов и березы в I ярусе; в подчиненных ярусах дуб, липа, клен, граб. В подлеске, кроме суборевых видов, – лещина, жимолость, бересклет; в покрове – кислица, звездчатка, ясенник, сныть и др.

Тип леса	Характеристика
Дубрава (груда)	Многоярусные насаждения на суглинистых и глинистых почвах. В подлеске преобладает лещина с примесью бересклетов европейского и бородавчатого, клена татарского, свидины, боярышника, бузины, бирючины, крушины и др.; в покрове – сныть, копытень, чина весенняя, колокольчик крапиволистный, осока волосистая, ежа сборная, гравилат городской, медуница, звездчатка, фиалка и др. В тайге место дубрав занимают рамени, т. е. ельники

Таблица 19

## Группы почв по богатству и влажности

Группы почв по влажности	Группы почв по богатству			
	бедные А	относительно бедные В	относительно богатые С	богатые D
0. Крайне сухие	Очень сухие боры А <sub>0</sub>	—	—	Крайне сухие дубравы D <sub>0</sub>
1. Сухие	Сухие боры А <sub>1</sub>	Сухие субори В <sub>1</sub>	Сухие судубравы С <sub>1</sub>	Сухие дубравы D <sub>1</sub>
2. Свежие	Свежие боры А <sub>2</sub>	Свежие субори В <sub>2</sub>	Свежие сложные субори, сурамени, судубравы С <sub>2</sub>	Свежие дубравы, рамени D <sub>2</sub>
3. Влажные	Влажные боры А <sub>3</sub>	Влажные субори В <sub>3</sub>	Влажные сложные субори, сурамени С <sub>3</sub>	Влажные дубравы, рамени D <sub>3</sub>
4. Сырые	Сырые боры А <sub>4</sub>	Сырые субори В <sub>4</sub>	Сырые сложные субори и сурамени С <sub>4</sub>	Сырые дубравы D <sub>4</sub>
5. Мокрые	Мокрые боры А <sub>5</sub>	Мокрые субори В <sub>5</sub>	Мокрые сложные субори, сурамени С <sub>5</sub>	Мокрые ольшаники (болотные) D <sub>5</sub>

## БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Беспилотный летательный аппарат (далее – БЛА, БПЛА; в разговорной речи также «беспилотник» или «дрон», от англ. drone – трутень) – летательный аппарат без экипажа на борту.

В нашей стране существует специальный ГОСТ Р 57258-2016, определения которого используются во всех официальных документах, которым руководствуются специалисты, работающие с беспилотными технологиями. В соответствии с ним:

- *беспилотное воздушное судно* (unmanned aircraft) – это воздушное судно (далее – ВС), управляемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого ВС, или выполняющее автономный полет по заданному предварительно маршруту. Наряду с термином «беспилотное воздушное судно» (далее – БВС) также используется термин «беспилотный летательный аппарат»;

- *беспилотная авиационная система* (unmanned aircraft system) – комплекс, включающий одно или несколько беспилотных ВС, оборудованных системами навигации и связи,

средствами обмена данными и полезной нагрузкой, а также наземные технические средства передачи–получения данных, используемые для управления полетом и обмена данными о параметрах полета, служебной информацией и информацией о полезной нагрузке такого или таких ВС, и канал связи со службой управления воздушным движением.

**Достоинства БПЛА:**

1. Нет опасности для жизни пилота.
2. Меньшая стоимость, чем у пилотируемых воздушных судов.
3. Меньший расход топлива из-за малого веса.
4. Возможность использования альтернативных источников энергии (солнечные батареи).

Длина взлетно-посадочной полосы – не более 600 м.

**Недостатки БПЛА:** возможность подавления или перехвата управления.




БПЛА можно совершенно по-разному классифицировать, учитывая их массу, конструкторские особенности, тип используемого топлива, высоту полета, применяемый вид полезной нагрузки и пр.

Наиболее интересной и полной представляется классификация по принципу полета (табл. 20).

Таблица 20

**Классификация БПЛА по виду полета**

Виды БПЛА	Характеристика	Фото
Конвертоплан	Беспилотник, который садится и взлетает «повертолетному» (за счет поворота его двигателей), а в полете движется как самолет с опорой на фиксированное крыло. Корпус беспилотника остается в горизонтальном положении	
Гибридный	Беспилотники с электродвигателями, которые получают энергию от электрогенератора, приводимого в движение бензиновым двигателем. Эта технология позволяет летать более 4 часов с полезной нагрузкой массой 2,5 кг, что в 5 раз дольше, чем позволяют электрические мультикоптеры	
С жестким крылом (самолетного типа)	Подъемная сила данных аппаратов создается аэродинамическим способом за счет напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Аппараты такого типа, как правило, отличаются большой длительностью полета, большой максимальной высотой полета и высокой скоростью	
С гибким крылом	Это дешевые и экономичные летательные аппараты аэродинамического типа, в которых в качестве несущего крыла используется не жесткая, а гибкая (мягкая) конструкция, выполненная из ткани, эластичного полимерного материала или упругого композитного материала, обладающего свойством обратимой деформации	
С машущим крылом	Основаны на бионическом принципе – копировании движений, создаваемых в полете летающими живыми объектами – птицами и насекомыми. Энтомоптер – летательный аппарат тяжелее воздуха с машущими крыльями, имитирующий летающих насекомых. Орнитоптеры имитируют движение крыльев птиц	
С вращающимся крылом (вертолетного типа)	Подъемная сила у аппаратов этого типа также создается аэродинамически, но не за счет крыльев, а за счет вращающихся лопастей несущего винта (винтов). Крылья либо отсутствуют вовсе, либо играют вспомогательную роль	

Виды БПЛА	Характеристика	Фото
Аэростатического типа	Подъемная сила создается преимущественно за счет архимедовой силы, действующей на баллон, заполненный легким газом (как правило, гелием). Этот класс представлен, в основном, беспилотными дирижаблями	
Автожир	Аппарат разгоняется за счет работы двигателя, поток воздуха создает подъемную силу, и аппарат поднимается. Автожир запускают в небо с раскрученными лопастями. Важным преимуществом аппарата является посадка при выключенном двигателе	
Мультикоптер	Мультикоптер двигается с помощью трех или более винтов, используя встроенный гироскоп. Винты крепятся на монолитной раме, что способствует устойчивому положению в пространстве	

Наиболее часто используются в сельском и лесном хозяйстве беспилотные летательные аппараты двух типов: мультироторного (мультикоптеры) и самолетного типа (с жестким крылом). Ниже приводятся основные преимущества и недостатки каждого из названных типов (табл. 21).

Таблица 21

### Преимущества и недостатки мультироторного и самолетного типа

	Преимущества	Недостатки
БПЛА самолетного типа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- преодолевают большие расстояния;</li> <li>- более быстрые;</li> <li>- могут переносить более тяжелые грузы;</li> <li>- осуществляют полет на больших высотах;</li> <li>- имеют большую длительность полета за счет меньшего расхода энергии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- отсутствует возможность зависания в воздухе;</li> <li>- отсутствует возможность вертикального взлета (требуется взлетно-посадочная полоса)</li> </ul>
Мультироторные БПЛА	<ul style="list-style-type: none"> <li>- более высокая маневренность;</li> <li>- возможность зависания в воздухе;</li> <li>- возможность вертикального взлета и посадки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низкая продолжительность полета;</li> <li>- ограниченная скорость и нагрузка;</li> <li>- частое техническое обслуживание;</li> <li>- высокая зависимость от погодных условий</li> </ul>

### Принцип работы квадрокоптера

Квадрокоптеры являются частным случаем *мультикоптеров* – многороторных устройств, которые держатся в воздухе, управляются и перемещаются только за счет несущих пропеллеров. В этом мультикоптеры схожи с вертолетами. Для простоты и краткости в обиходной речи мультикоптеры часто называют просто коптерами.

Классический квадрокоптер представляет собой крестообразную раму, на концах лучей которой вертикально закреплены моторы (рис. 69). Воздушные винты, расположенные на диагональных лучах рамы, создают суммарную вертикальную тягу.

Синхронно регулируя обороты моторов, можно заставить квадрокоптер подниматься вверх, зависать или опускаться. Если изменить обороты моторов неравномерно, то квадрокоптер отклонится от горизонтального положения и полетит в сторону отклонения.

Вращающиеся винты создают реактивный крутящий момент, который старается развернуть квадрокоптер в сторону, противоположную вращению винта. Поэтому в квадрокоптере два винта вращаются по часовой стрелке и два против часовой стрелки, взаимно уравновешивая реактивные моменты.



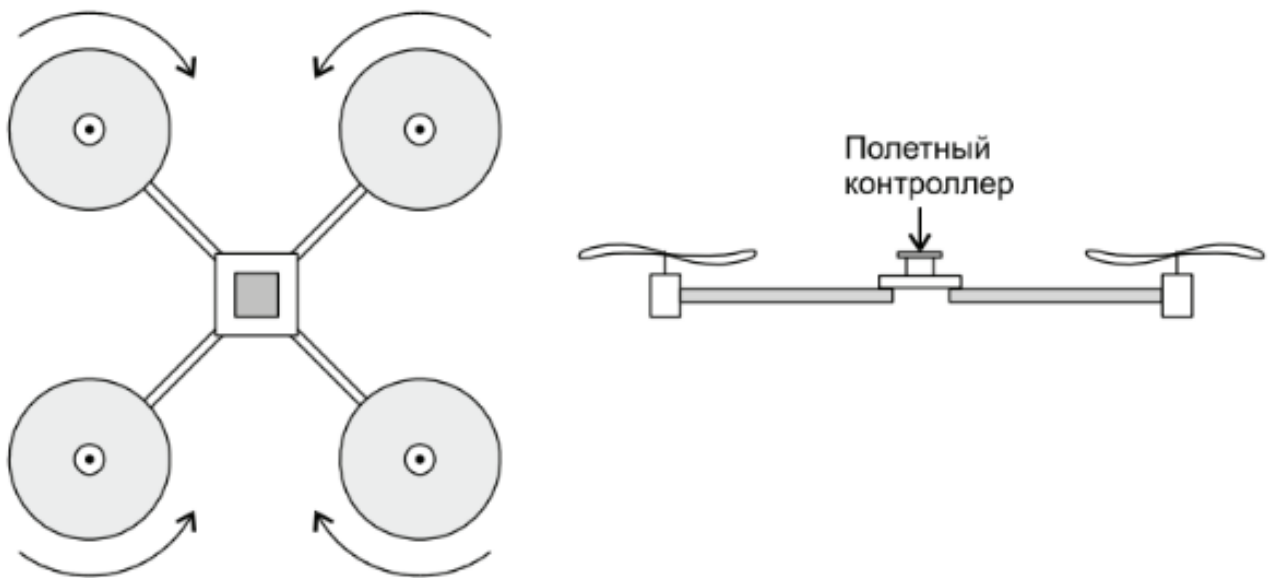


Рис. 69. Схема конструкции простейшего квадрокоптера

Угловые отклонения по осям следовало бы называть «тангаж», «крен» и «рыскание», но на практике прижились англоязычные термины (рис. 70): Pitch (наклон вперед-назад), Roll (наклон вправо-влево), Yaw (вращение в горизонтальной плоскости) и Throttle (общий газ).

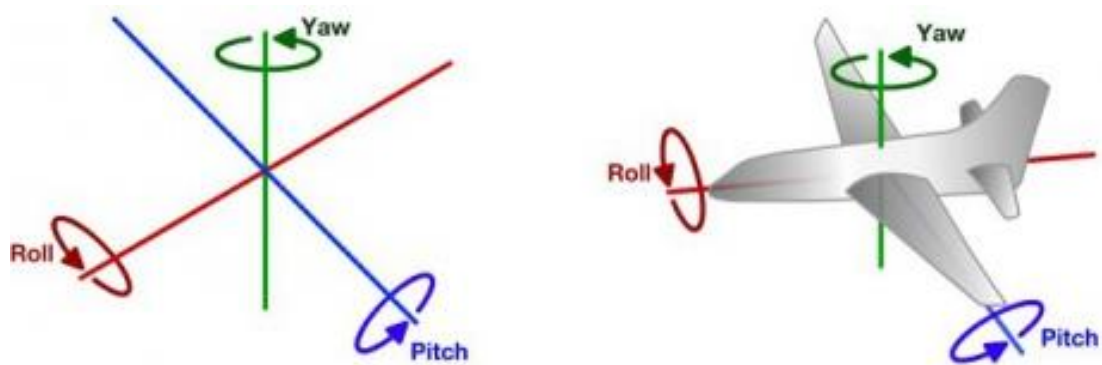


Рис. 70. Угловые отклонения по осям

Оборотами моторов в режиме реального времени управляет специальная вычислительная система на основе достаточно быстродействующего микроконтроллера, так называемого *полетного контроллера*. Он постоянно опрашивает встроенные гироскопы, акселерометры, барометр, сигналы от приемника радиуправления, и на основе полученных данных рассчитывает управляющие сигналы для каждого мотора в отдельности.

### Обязательные компоненты квадрокоптера

Компоненты квадрокоптера можно условно разделить на две группы: основные, без которых эксплуатация устройства невозможна или опасна, и дополнительные, наличие которых зависит от потребностей владельца.

На рис. 71 изображены основные варианты конструкции рамы. На практике возможны различные вариации и гибриды, но в любом случае рама состоит из лучей и в большинстве случаев центральной несущей части.

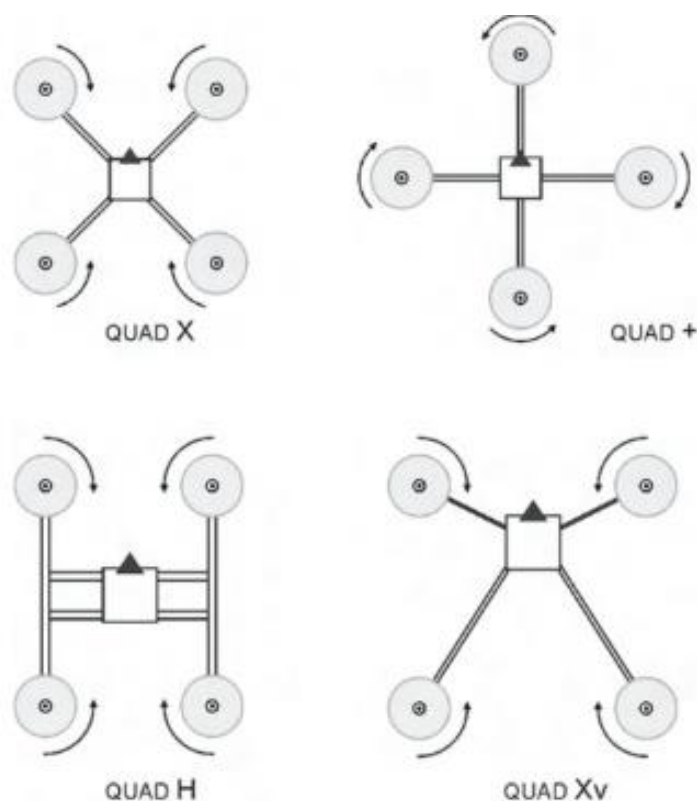


Рис. 71. Варианты конструкции рамы квадрокоптера

Моторы всегда крепятся на концах лучей. Основным показателем размера квадрокоптера является расстояние между осями моторов по диагонали. По расположению моторов относительно направления полета выделяют два основных типа рам: «+» и «X» (табл. 22).

Таблица 22

### Типы рамы квадрокоптера

Рама типа «X»	Наиболее популярна. Очевидное преимущество такой рамы – удобное расположение видеокamеры, когда лучи рамы не попадают в кадр. У рамы типа «X» более высокая устойчивость к мелким авариям. Большинству пилотов психологически комфортнее управлять именно типом «X»
Рама типа «H», подвижная рама типа «X»	Рама типа «H» удобна при построении миниатюрных коптеров, а также полноразмерных конструкций из карбоновых трубок, часто используется при построении специализированных коптеров для видеосъемки и полетов по GPS, т. к. предоставляет больше места для монтажа оборудования
Рама «Quad Xv»	Имеет несимметричные лучи. Такая рама часто используется при фото- и видеосъемке с воздуха
Рама типа «+»	Два луча расположены ровно вперед и назад от тела рамы по ходу движения. Такой тип имеет существенный плюс – отсутствие турбулентности двигателей, так как они все вращаются довольно далеко друг от друга. А недостаток – передний двигатель с лучом скорее всего будут попадать в поле зрения камеры

Рама может быть как со складными, так и с фиксированными лучами. На летные качества это не влияет, при выборе конструкции нужно исходить из соображений простоты изготовления, стоимости, удобства транспортировки при условии соблюдения достаточной прочности.

Наиболее прочными и легкими являются цельноформованные пустотелые рамы из карбона, но они и самые дорогие. На втором месте рамы, детали которых изготовлены из листового карбона и карбоновых трубок. Далее идут рамы из всевозможных сочетаний различных материалов, включая сосновые рейки и фанеру.

**Полетный контроллер** – вычислительная система, работающая в реальном времени по довольно сложным алгоритмам (рис. 72). Основная функция – непрерывная стабилизация

коптера с учетом порывов ветра и неоднородности воздушных масс. Возможностей человеческого организма для постоянной калибровки находящегося в воздухе БПЛА недостаточно.

Современный полетный контроллер оснащен набором миниатюрных интегральных сенсоров, непрерывно отслеживающих положение рамы в пространстве, воздействующие на нее угловые ускорения, атмосферное давление и направление силовых линий магнитного поля.

Современные датчики положения и ускорений представляют собой интегральные микросхемы размерами в несколько миллиметров.



Рис. 72. Полетный контроллер

Внутри у них находится сложная электромеханическая структура из упругих подвесов, грузиков, пружин, конденсаторов и электронной части для усиления и обработки сигналов. Такие устройства принято обозначать аббревиатурой МЭМС (MEMS – Micro Electro Mechanical System).

**Интегральный гироскоп** – классическое устройство для стабилизации объекта в пространстве либо измерения угловых ускорений.

В трехмерном пространстве произвольное изменение положения рамы квадрокоптера можно разложить на вращение по трем взаимно ортогональным осям. Соответственно, возникают мгновенные угловые ускорения по каждой из этих осей. Эти ускорения могут быть измерены и использованы для выработки компенсирующей реакции в системе с обратной связью.

**Акселерометр** – это МЭМС-устройство, которое измеряет линейные ускорения.

Все современные интегральные акселерометры, как правило, трехосевые. Три сенсора расположены внутри одного корпуса микросхемы перпендикулярно осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Вектор действующего на устройство ускорения вычисляется микроконтроллером через проекции вектора на три оси. Даже если устройство находится в покое, на него действует ускорение свободного падения  $g$ .

Существенным недостатком акселерометров является высокая чувствительность к вибрациям. Но вибрации – неизменный спутник винтокрылых аппаратов, поэтому необходимо принимать специальные меры по виброизоляции.

Акселерометры измеряют не только ускорение свободного падения, но и линейные ускорения по любой из осей при движении квадрокоптера.

**Интегральный компас, или магнитометр.** Квадрокоптер может лететь как угодно, вбок, назад, или по диагонали, поэтому «вперед» – это условное направление рамы и контроллера, относительно которого определяется фактическое направление полета. На плате контроллера направление «вперед» обычно обозначается стрелкой (рис. 73).



Рис. 73. Плата контроллера

В квадрокоптерах применяются трехосевые интегральные магнитометры, состоящие из трех независимых датчиков, ориентированных по трем ортогональным осям и электронной схеме. Магнитометры не подвержены вибрации, но на их показания влияют внешние близко расположенные металлические предметы.

**Интегральный барометр.** Для измерения высоты в квадрокоптерах используют либо интегральный барометр, либо внешний ультразвуковой сонар, либо оба устройства сразу. Стабилизация высоты важна как для комфортного управления квадрокоптером, так и для безопасного полета, особенно в режиме автоматического возврата к точке старта по GPS.

Измерение высоты полета барометрическим методом основано на зависимости атмосферного давления от высоты. Чем больше высота, тем ниже атмосферное давление.

Существенным недостатком этих датчиков является выраженная зависимость результатов измерения от температуры окружающей среды и большой разброс выходных данных между экземплярами.

Ультразвуковой сонар (датчик расстояния) состоит из генератора ультразвука, излучателя, приемника и усилителя-формирователя выходного сигнала.

В аппаратуру радиопередачи (рис. 74) обязательно должна быть заложена возможность развития конструкции квадрокоптера. Основными параметрами являются протокол кодирования сигнала и количество каналов передачи команд.



**Рис. 74. Квадрокоптер с пультом (аппаратурой радиопередачи)**

Протокол кодирования сигнала означает способ, которым команды, полученные с органов управления пульта, «упакованы» в поток данных, проходящий через радиоканал.

Параметр, который принципиально важен, – количество каналов. Для управления квадрокоптером их нужно как минимум четыре: общий газ (Throttle); тангаж (вперед–назад, Pitch); крен (вправо–влево, Roll); рыскание (вращение в плоскости полета, Yaw). Также, нужны каналы для управления включением сенсоров и режимов полетного контроллера. Например, удержание высоты по барометру, включение/выключение компаса, удержание позиции или возврат домой по GPS.

Во-вторых, могут понадобиться каналы для управления бортовой видеочкамерой, бортовыми огнями или включения системы поиска упавшего аппарата. Комфортное управление квадрокоптером начинается при восьми и более каналах.

Пульт радиопередачи состоит из аналоговых (стики) и дискретных (переключатели и тумблеры) органов управления, микроконтроллера, который оцифровывает и кодирует сигналы органов управления, радиопередающей части, дисплея и батареи питания (рис. 75).





Рис. 75. Пульт радиоуправления

Вследствие низкого качества пульта могут возникнуть отрицательные явления.

**Джиттер** – «дрожание» значения управляющего сигнала при неподвижном стике. Джиттер возникает как сумма погрешностей оцифровки, кодирования в передатчике и обратного декодирования в приемнике.

**Температурный дрейф** – значения управляющих сигналов сдвигаются вверх или вниз на некую величину при изменении температуры пульта. Соответственно, в нейтральном положении стиков управляющие сигналы перестают быть нейтральными. Для проверки рекомендуется охладить пульт в холодильнике до  $-10...-15$  градусов и проверить параметры сигнала. Это можно сделать при помощи специальных программ для компьютера или смартфона.

**Дискретность** – значения управляющих сигналов при смещении стика изменяются не плавно, а скачками. Это мешает точному пилотированию хорошо настроенного аппарата. Разумеется, цифровой сигнал по определению меняется дискретно, однако в качественной аппаратуре с высокой разрядностью дискретизации шаг изменения небольшой и не мешает точному пилотированию. Величина дискретности также влияет на джиттер.

## Антенны

Конструкции и типы антенн, применяемых в радиоуправлении, зависят от назначения устройства. Чтобы понимать эту зависимость, необходимо иметь хотя бы общее представление об основных параметрах антенны.

**Диаграмма направленности** – это графически выраженная зависимость коэффициента усиления антенны в зависимости от направления в заданной плоскости. Упрощенно говоря, это зависимость эффективности работы антенны от направления в пространстве.

**Коэффициент усиления**, выраженный в децибелах (дБ, dBi), может быть как положительным, так и отрицательным. Отрицательное значение присуще антеннам с низким коэффициентом полезного действия (далее – КПД): укороченным, малогабаритным, широкополосным.

**Рабочая частота** (полоса частот) – это частотный диапазон, в котором антенна реализует не менее 90 % от своего максимального КПД. Чем больше длина волны, тем крупнее антенна.

**Поляризация** – это направленность вектора электрической составляющей электромагнитной волны в пространстве. Различают вертикальную, горизонтальную и круговую поляризацию. Этот параметр важен для учета взаимной ориентации антенн в пространстве.

**Рабочая мощность** – параметр, важный для передающей антенны. Превышение подводимой к антенне мощности может привести к выходу из строя не только антенны, но и передатчика. Причем второе даже более вероятно.

**Принцип обратимости антенн** гласит, что свойства антенны (диаграмма направленности, коэффициент усиления, рабочая частота) не зависят от того, работает ли антенна на передачу или на прием.

## Двигатели

В БПЛА в большинстве случаев применяются электродвигатели. Это обусловлено рядом причин.

Во-первых, у современных электродвигателей высокий коэффициент полезного действия (в случае применения бесколлекторного двигателя фактически может достигать 95 %).

Во-вторых, электродвигатели весят значительно меньше, чем аналогичные по характеристикам двигателя внутреннего сгорания. Более того, к электродвигателю не требуется подводить топливо для обеспечения его функционирования. Электродвигатель и система его питания (аккумуляторная батарея) менее взрывоопасна, чем аналогичная система с двигателем внутреннего сгорания.

В-третьих, электродвигатели практически не испускают теплового излучения.

В-четвертых, преимущество использования электродвигателей на БПЛА заключается в возможности обеспечить питание электродвигателей за счет энергии, накапливаемой солнечными батареями.

Двигатели, применяемые в авиационных моделях, делятся на два больших семейства: коллекторные и бесколлекторные (рис. 76).

**Коллекторный двигатель** состоит из неподвижных магнитов, прикрепленных к корпусу (статор) с чередованием полюсов и нескольких катушек, смонтированных на валу (ротор). Напряжение на катушки ротора поступает через скользящие контакты (коллектор и щетки). При подаче напряжения на катушку ротора вокруг нее формируется магнитное поле. Катушка отталкивается от полюса одного из магнитов статора и притягивается к другому. В этот момент происходит переключение полярности питания за счет вращательного смещения контактов коллектора относительно щеток, и катушка начинает притягиваться к следующему магниту.

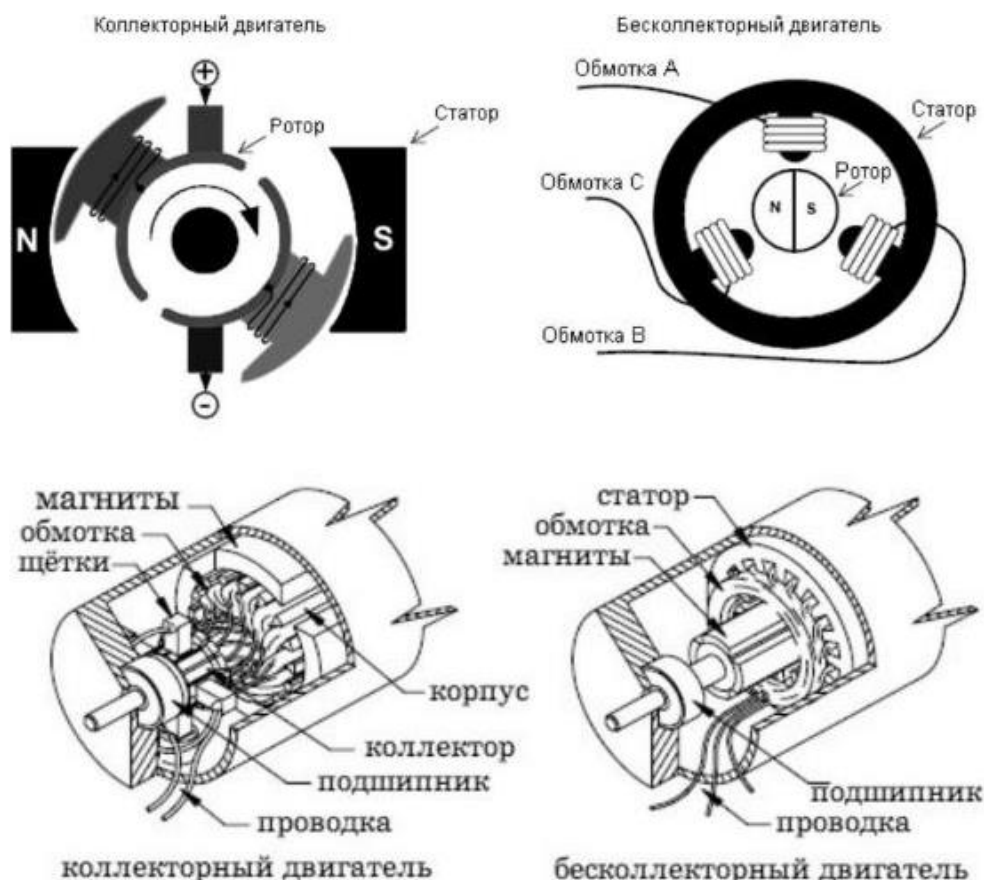


Рис. 76. Устройство коллекторного и бесколлекторного двигателей

В бесколлекторных двигателях коммутация катушек происходит при помощи специальной электронной схемы — регулятора оборотов. Независимо от количества катушек

и схемы их внутренней коммутации бесколлекторный двигатель авиамодели всегда имеет три вывода, подключаемые к регулятору. Регулятор подает на эти выводы питающее напряжение со сдвигом по фазе. Поскольку выводы катушек подключены к регулятору неразрывно, то катушки смонтированы неподвижно и являются статором, а вращается ротор с прикрепленными к нему постоянными магнитами.

В применении на БПЛА широкое распространение получили бесколлекторные электродвигатели.

### Воздушные винты

Основными параметрами винта являются диаметр, шаг и количество лопастей (рис. 76). **Диаметр** измеряется как диаметр круга, образуемого при вращении винта. **Шаг винта** – это расстояние, пройденное винтом за один оборот при «ввинчивании» в условную твердую среду. Увеличение шага винта повышает тягу при малых оборотах.

Все винты, кроме совсем миниатюрных, имеют переменный шаг и профиль лопасти. Внимательно рассмотрев винт, можно заметить, что ближе к концевке угол атаки лопасти уменьшается, а ее профиль становится более плоским. Такой переменный профиль используют для того, чтобы сделать нагрузку на лопасть равномерной по всей длине (а точнее, дать больше нагрузки на прочную корневую часть). В противном случае лопасти начнут выгибаться во время вращения даже при небольшой тяге, а также начнется срыв воздушного потока ближе к концам лопастей. При вращении винт создает подвижный воздушный поток, движущийся в направлении, противоположном направлению вектора тяги.

Поскольку квадрокоптеры очень медленно перемещаются по вертикали, обычно применяется сочетание двигателей с низкими оборотами и винтов с большим шагом.

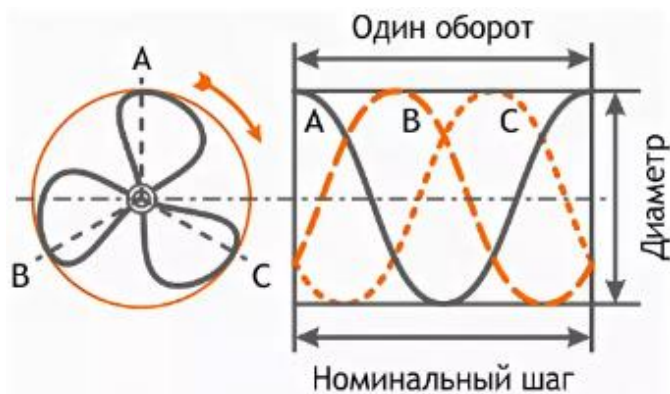


Рис. 77. Шаг и диаметр гребного винта

### Регуляторы оборотов

Регуляторы оборотов бесколлекторного двигателя представляют собой самостоятельное устройство на основе микроконтроллера. Современный регулятор должен автоматически определять величину напряжения силовой батареи; иметь защиту от перегрузки по току; иметь защиту от запуска при механически заблокированном двигателе; автоматически подстраиваться под количество полюсов конкретного двигателя; иметь защиту от срыва синхронизации фазы.

### Батарея и зарядное устройство

Суммарный пиковый ток, потребляемый моторами даже среднего мультикоптера, может достигать 70 А. Но при этом батарея должна быть как можно легче и иметь емкость, достаточную для полета как минимум 10 минут. Этим противоречивым требованиям лучше всего соответствуют *литиевые аккумуляторы*.

Существуют две основные модификации литиевых аккумуляторов: литий-ионные (Li-Ion) и литий-полимерные (LiPo, Li-Pol), отличающиеся типом электролита. Чаще используются именно литий-полимерные батареи, т. к. они способны отдавать больший рабочий ток. Другим весомым преимуществом литий-полимерных батарей является отсутствие жидкого электролита и возможность изготавливать более прочные плоские аккумуляторы произвольного размера.

Литий-полимерные аккумуляторы имеют ограниченный срок службы. Причем даже новый, ни разу не заряжавшийся аккумулятор теряет емкость при хранении. За 2 года хранения нового аккумулятора теряется примерно 20 % емкости.

### **Индикатор разряда батареи**

Регуляторы оборотов имеют функцию плавного отключения при разряде батареи ниже аварийного уровня. Эта функция спасает батарею от глубокого разряда, но способна погубить квадрокоптер, поскольку от начала плавного снижения тяги до полной ее потери проходит не более 40 с. Этого достаточно, чтобы плавно посадить коптер, находящийся рядом, но вернуть его с дистанции в несколько сотен метров не успеть. Поэтому наличие индикатора разряда батареи критически важно для безопасных полетов. Индикаторы разряда бывают двух видов: телеметрический и звуковой.

### **Дополнительные компоненты квадрокоптера**

В качестве дополнительного оборудования для квадрокоптера могут быть использованы: оборудование видеоканала FPV, фотокамеры, видеоканалы, видеоконмутаторы, стабилизирующие подвесы, видеопередатчики и видеоприемники, видеомониторы и видеоочки, приемники GPS, антенны GPS, радиомодемы, бустеры и репитеры, жидкокристаллические и OLED-дисплеи, средства поиска: биперы, маячки, GPS-трекеры, сервомашинки.

## **АЭРОФОТОСЪЕМКА**

Перед тем, как использовать БПЛА для аэросъемки, необходимо его зарегистрировать в Федеральном агентстве воздушного транспорта (Росавиация). Согласно *Правилам учета БВС, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 25.05.2019 № 658*, это касается тех беспилотников, чья масса составляет от 0,25 кг до 30 кг.

Для постановки БВС на учет владелец БВС представляет заявление о постановке БВС на учет с приложением фотографии этого БВС любым из следующих способов: 1) через Единый портал государственных услуг; 2) через Портал учета беспилотных воздушных судов; 3) почтовым отправлением.

**При использовании любого типа БПЛА важно помнить о безопасности полетов! Вот несколько правил проведения полетов:**

1. Запрещается выполнять полеты в зонах, запрещенных для полетов (например, около аэропортов или над населенными пунктами).
2. Необходимо избегать полетов там, где спасательные команды активно используют воздушное пространство.
3. Выполнять полеты нужно, по возможности, на открытых участках.
4. Для устойчивого полета требуется устойчивый сигнал GPS.
5. Выполнять полеты, особенно в период начала использования БПЛА, следует только в пределах прямой видимости.
6. Полет должен происходить на небольшой высоте (DJI, например, советует проводить до высоты 120 м).
7. Следует избегать полетов над или в непосредственной близости от препятствий, скоплений людей, высоковольтных линий электропередачи, деревьев и водоемов.



8. Запрещается выполнять полеты близко от таких источников сильных электромагнитных полей, как линии электропередачи и базовые станции, т. к. они могут влиять на работу встроенного компаса.

9. Запрещается использовать дрон в таких неблагоприятных погодных условиях, как дождь, снег, туман, при скорости ветра более 10 м/с.

10. Оператору дрона, а также людям, находящимся рядом запрещено приближаться к вращающимся пропеллерам и электродвигателям.

**Аэрофотосъемка (АФС)** – это фотографирование территории с определенной высоты от поверхности Земли при помощи аэрофотоаппарата, установленного на атмосферном летательном аппарате (самолете, вертолете и пр. или их беспилотном аналоге) с целью получения, изучения и представления объективных пространственных данных на участках произведенной съемки.

Полученные при аэрофотосъемке данные особенно применимы в картографии при определении границ территорий, землеустройства, видовой разведке, археологии, изучении окружающей среды, производстве кинофильмов и рекламных роликов и др.

Современные вертолеты, самолеты, спутники с приборами для съемки поднимаются над земной поверхностью на высоту от сотен метров до тысяч километров. Чем выше находится летательный аппарат, тем большую по размерам территорию он может сфотографировать, но тем мельче будет масштаб снимка, менее подробным изображение.

Аэрофотосъемка – это один из видов изыскательских работ, который позволяет резко увеличить производительность полевых работ.

Несмотря на кажущуюся простоту съемки с БПЛА, при проведении аэрофотосъемочных работ для целей картографирования возникает ряд проблем: 1) выбор аэрофотосъемочной аппаратуры; 2) расчет параметров и проектирование аэрофотосъемки; 3) оперативная оценка качества материалов аэрофотосъемки.

Первая задача связана с выбором аэрофотосъемочной аппаратуры. На сверхлегкие БПЛА возможна установка аппаратуры, не превышающей по массе 1 кг. Наиболее важными характеристиками камер для аэрофотосъемки являются: наличие функции ручной фокусировки, физический размер матрицы, светосила объектива, разрешающая способность снимков, угол захвата и вес камеры.

Вторая задача связана с расчетом параметров и проектированием аэрофотосъемки. Расчет параметров аэрофотосъемки производится по формулам для выбранных фотокамер. Проектирование аэрофотосъемки выполняется по вычисленным параметрам в программе построения маршрутов.

Третья задача связана с оперативной оценкой качества материалов аэрофотосъемки. Обычно сама программа, предназначенная для организации полета по данным, полученным с борта летательного аппарата в момент фотографирования, строит условные рамки снимков, по которым оценивается покрытие заданной территории аэрофотосъемкой.

### **Параметры проведения аэрофотосъемки (на основе методики ГК «Геоскан»)**

В настоящее время существует целый спектр специальных программ, позволяющих в автоматическом режиме построить полет квадрокоптера. Каждая компания-производитель старается разработать собственное ПО. Например, Геоскан Планер или DJI GO, DJI Pilot и др.

Однако для понимания процессов проектирования съемки необходимо понимать в общих чертах, как правильно задавать эти параметры. Ниже приводится методика компании «Геоскан», разработанная для всероссийского конкурса «АгроНТИ».

Итак, чтобы правильно построить траекторию пролета квадрокоптера во время аэрофотосъемки, необходимо знать:

- параметры камеры (размер матрицы и фокусное расстояние объектива);
- исходные данные (размеры снимаемой области, высота пролета, величины продольного и поперечного перекрытий).

Также необходим ряд формул, позволяющих вычислить требуемые значения из исходных данных:

1. Физические размеры участка (в метрах) на фотографии с конкретной камеры рассчитываются по формулам:

$$H = h \times S / f - \text{горизонтальная сторона};$$

$$L = l \times S / f - \text{вертикальная сторона},$$

где  $f$  – фокусное расстояние;

$l$  – вертикальный размер матрицы;

$L$  – вертикальный размер объекта (размер участка по вертикали);

$S$  – расстояние до объекта (высота пролета);

$h$  – горизонтальный размер матрицы;

$H$  – горизонтальный размер объекта (размер участка по горизонтали).

В результате аэрофотосъемки получается массив фотографий, которые впоследствии могут быть сшиты в единое большое изображение – ортофотоплан. Однако, чтобы сшивка произошла успешно, исходные фотографии необходимо делать с перекрытием, причем величина перекрытия должна быть достаточно большой (рис. 77).

В маршруте снимки перекрываются на заданную величину, называемую **продольным перекрытием**. Между маршрутами расстояние делается таким, чтобы снимки смежных маршрутов также перекрывались между собой, образуя зону **поперечного перекрытия**. Таким образом, на двух соседних снимках одного маршрута или соседних маршрутов оказывается изображенным один и тот же участок местности, сфотографированный с разных точек.

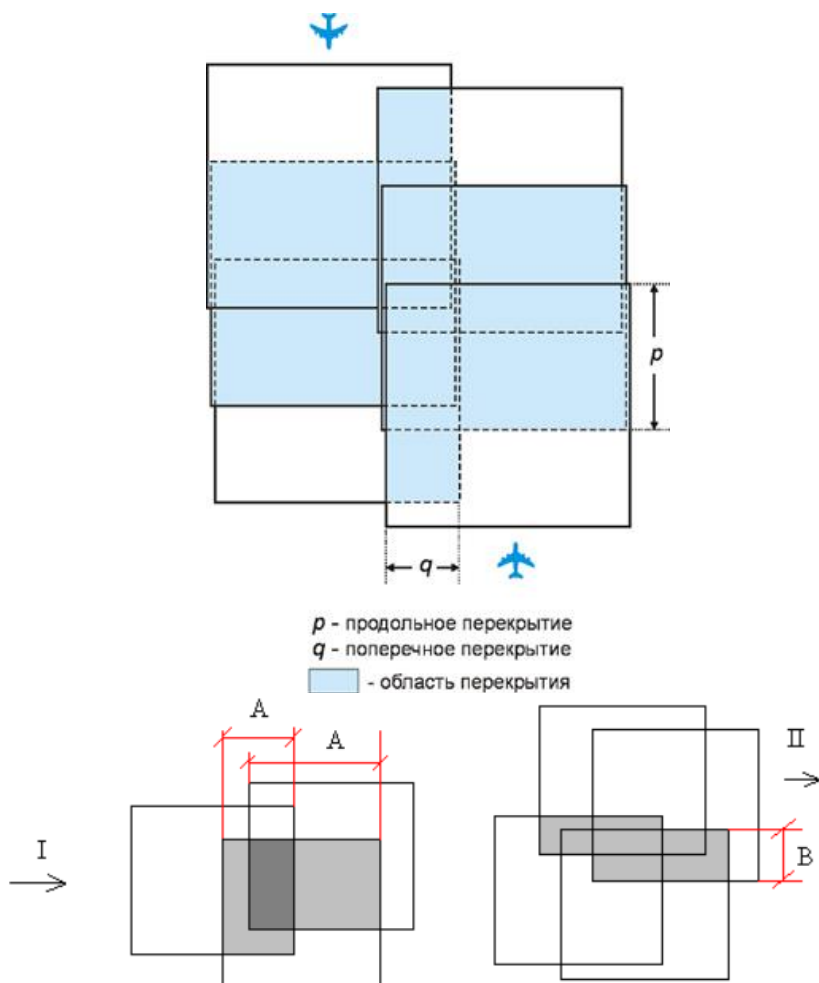


Рис. 78. I, II – номера маршрутов; A – продольное, B – поперечное перекрытие

Перекрытие – это размер области, которая присутствует на каждом из двух соседних снимков, то есть область наложения двух снимков.

Перекрытие бывает продольное, «по курсу», то есть в направлении движения квадрокоптера, и поперечное – между маршрутами. **Маршрутом** называется один полный пролет по курсу.

2. Физическое расстояние, соответствующее перекрытию в процентах, вычисляется по формулам:

$$\begin{aligned} ax &= H \times Px / 100; \\ ay &= L \times Py / 100, \end{aligned}$$

где  $ax$  – размер области перекрытия по курсу;

$ay$  – размер области перекрытия между маршрутами;

$H$  – длина горизонтальной стороны;

$L$  – длина вертикальной стороны;

$Px$  – размер продольного перекрытия, в %;

$Py$  – размер поперечного перекрытия, в %.

В зависимости от расположения камеры (горизонтальная или вертикальная ориентация) необходимо выбирать  $l$  и  $h$  для сторон. Для горизонтального расположения («горизонтальные» снимки), когда длинная сторона фотографии перпендикулярна направлению движения,  $l$  будет соответствовать короткой стороне, а  $h$  – длинной (рис. 79). В случае, когда снимки «вертикальные» (длинная сторона фотографии направлена по ходу движения)  $l$  соответствует длинной стороне, а  $h$  – короткой.

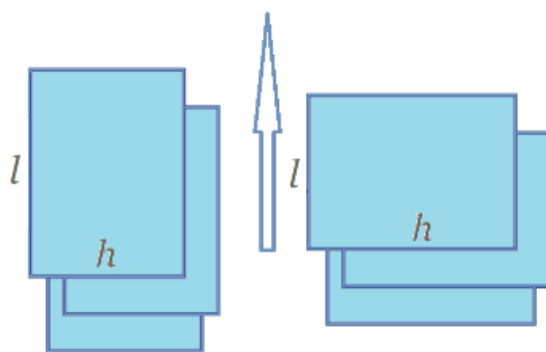


Рис. 79. Расположение  $l$  и  $h$  в горизонтальных и вертикальных снимках

3. Для того чтобы оценить количество снимков, которые будут получены в результате проведения аэрофотосъемки, необходимо рассчитать базис фотографирования на местности (физические размеры) по формулам:

$$\begin{aligned} Bx &= H - ax; \\ By &= L - ay, \end{aligned}$$

где  $Bx$  – продольный базис фотографирования;

$By$  – поперечный базис фотографирования;

$H$  – длина горизонтальной стороны;

$L$  – длина вертикальной стороны;

$ax$  – размер области перекрытия по курсу;

$ay$  – размер области перекрытия между маршрутами.

4. Количество снимков на маршруте рассчитывается по формуле:

$$Nx = Lx / Bx + 2,$$

где  $Nx$  – количество снимков на маршруте;

$Lx$  – длина маршрута (длина площади съемки);

$Bx$  – продольный базис фотографирования.

5. Количество маршрутов рассчитывается по формуле:

$$N_y = L_y / B_y + 1,$$

где  $N_y$  – количество маршрутов;

$L_y$  – ширина площади съемки;

$B_y$  – поперечный базис фотографирования.

6. Расстояние между маршрутами рассчитывается по формуле:

$$L_m = L_y / (N_y - 1),$$

где  $L_m$  – расстояние между маршрутами;

$N_y$  – количество маршрутов. Количество маршрутов берется меньше на 1, т. к. для первого маршрута расстояние отступа 0 м.

7. Расстояние между точками съемки на маршруте рассчитывается по формуле:

$$L_n = L_x / (N_x - 1),$$

где  $L_n$  – расстояние между точками съемки на маршруте;

$N_x$  – количество снимков на маршруте. Количество снимков берется меньше на 1, т. к. для первого снимка расстояние отступа 0 м.

Большинство полетных заданий рассчитывается автоматически.

### Симулятор полета

Для обучения операторов БПЛА используется специализированное программное обеспечение, основанное на передовой технологии управления полетом для создания максимально реалистичных условий полета.

Чтобы им воспользоваться, необходимо установить на компьютер или смартфон специальное приложение по QR-коду или перейти по ссылке (URL: <https://rowlhouse.co.uk/PicaSim/>), подключить пульт радиоуправления, который используется.



## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ

**Дистанционное зондирование** (далее – ДЗ) определяют как процесс или метод получения информации об объекте, участке поверхности или явлении путем анализа данных, собранных без контакта с изучаемым объектом.

**Элементы ДЗ:**

- наблюдатель;
- объект наблюдения;
- средство наблюдения;
- помехи (атмосфера и пр.).

**Дистанционное зондирование Земли** (далее – ДЗЗ) – наблюдение поверхности Земли авиационными и космическими средствами, оснащенными различными видами съемочной аппаратуры (рис. 80).



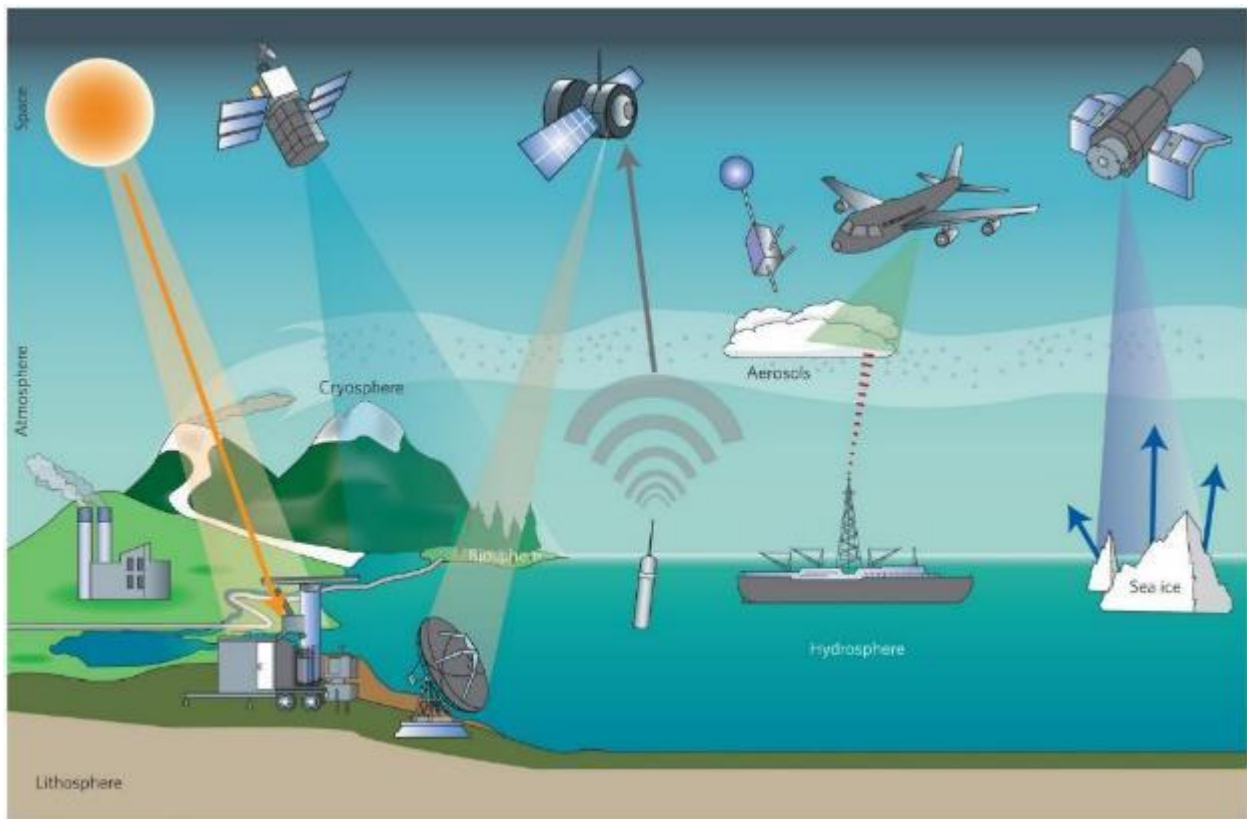


Рис. 80. Авиационные и космические средства, оснащенные различными видами съемочной аппаратуры

### Физические основы дистанционного зондирования Земли

При изучении земной поверхности дистанционными методами источником информации об объектах служит их **излучение** (собственное и отраженное).



Рис. 81. Виды излучений

Излучение также делится на естественное и искусственное (рис. 81, 82). Под **естественным излучением** понимают естественное освещение земной поверхности Солнцем, либо тепловое – собственное излучение Земли. **Искусственное излучение** – это излучение, которое создается при облучении местности источником, расположенным на носителе регистрируемого устройства.

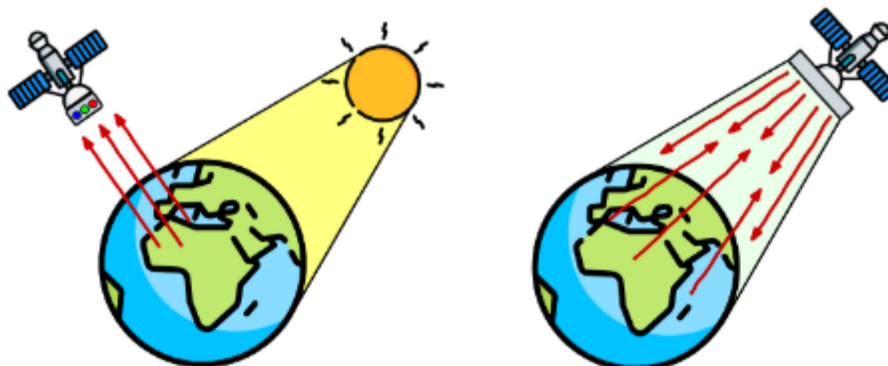


Рис. 82. Естественное и искусственное излучение

Излучение представляет собой электромагнитные волны разной длины, спектр которых изменяется в диапазоне от рентгеновского до радиоизлучения (рис. 83, 84). Для исследований окружающей среды используют более узкую часть спектра от оптических волн до радиоволн в диапазоне длин 0,3 мкм – 3 м.



Рис. 82. Электромагнитные волны разной длины [62]

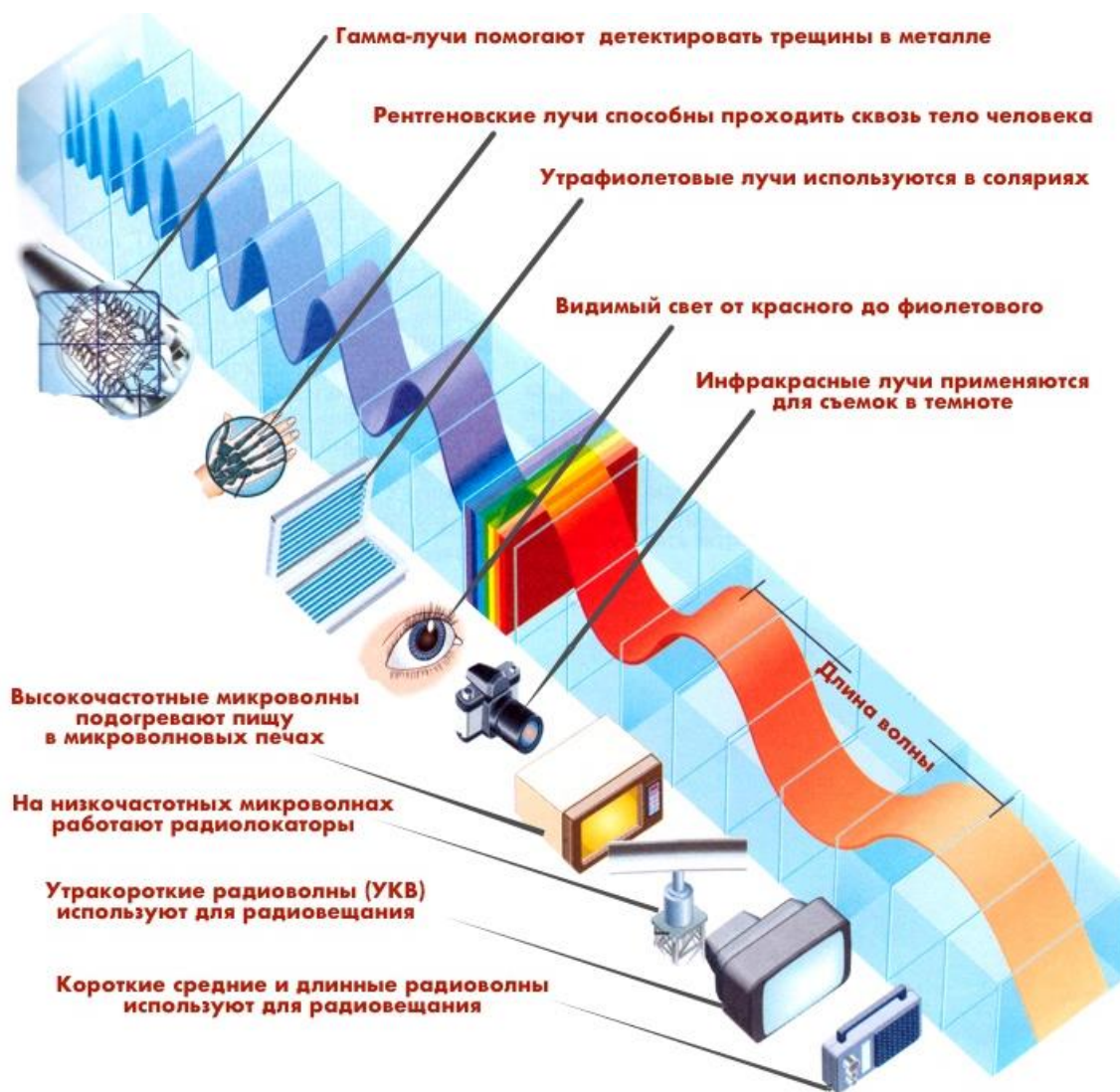


Рис. 84. Электромагнитные волны разной длины [67]

Сочетание всех возможных длин волн принято называть электромагнитным спектром. Съемка с больших высот ведется через толщу атмосферы, влияние которой (поглощение и рассеяние солнечных лучей, атмосферная дымка и т. д.) неодинаково в различных зонах электромагнитного спектра. Даже в безоблачную погоду атмосфера пропускает солнечное излучение только некоторых участков спектра, которые называют окнами прозрачности. Для остальных лучей электромагнитного спектра, например, губительных ультрафиолетовых, атмосфера непрозрачна, как черное стекло.

### Прозрачность атмосферы

Важной особенностью ДЗЗ является наличие между объектами и регистрирующими приборами промежуточной среды, влияющей на излучение, – это толща атмосферы и облачность.

Атмосфера поглощает часть отраженных лучей. В атмосфере есть несколько «окон прозрачности», которые пропускают электромагнитные волны с минимальной степенью искажений. По этой причине логично предположить, что все съемочные системы работают только в тех спектральных диапазонах, которые соответствуют окнам прозрачности (рис. 85).

Наиболее широкое применение в методах ДЗЗ из космоса находит окно прозрачности, соответствующее оптическому диапазону (он также называется световым), объединяющему видимую (380...720 нм), ближнюю инфракрасную (720...1300 нм) и среднюю инфракрасную (1300...3000 нм) области.



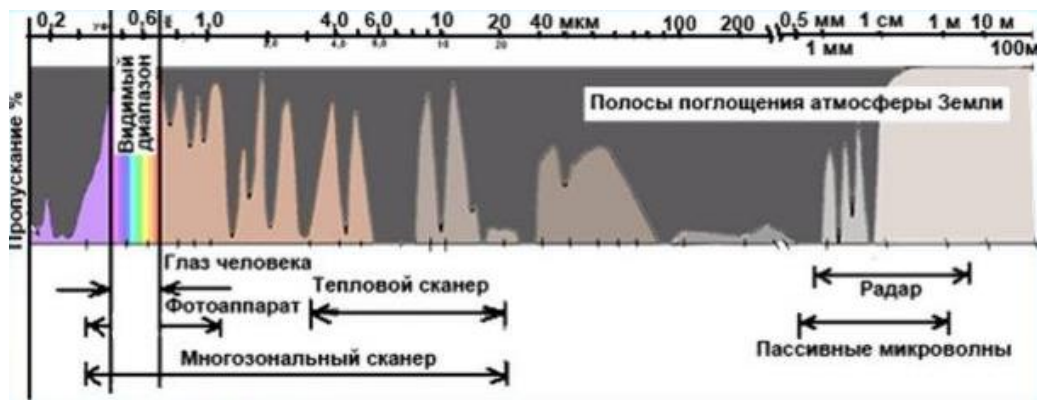


Рис. 85. Окна прозрачности

### Отражательные свойства объектов

Свойства отраженного, поглощенного и пропущенного излучения отличаются для разных объектов на поверхности Земли и зависят от вещества объекта и физических условий, в которых он находится. Эти различия и позволяют идентифицировать объекты на снимке.

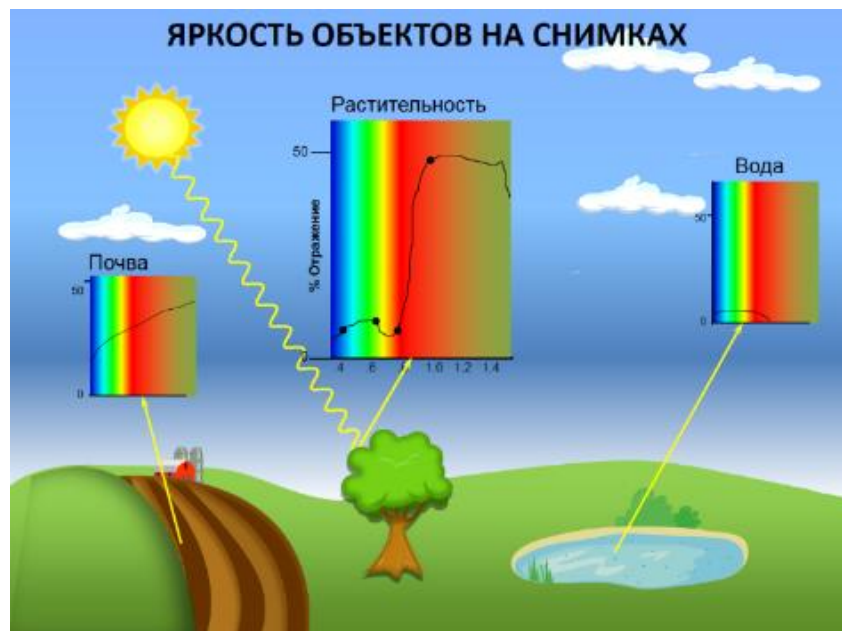


Рис. 86. Яркость объектов на снимках

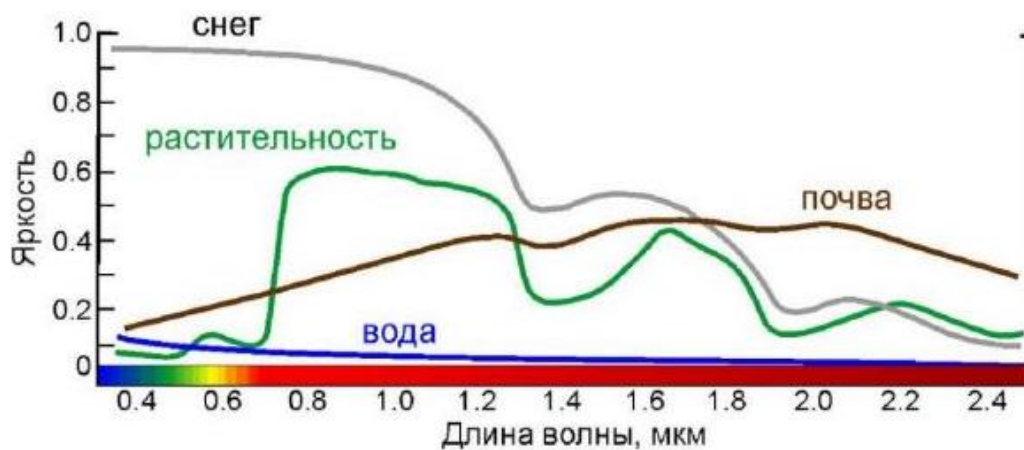


Рис. 87. График спектральной кривой [54]



Поскольку множество систем дистанционного зондирования работает в тех спектральных диапазонах, где доминирует отраженное излучение, отражательные свойства различных объектов играют очень важную роль при их идентификации.

Различные элементы земной поверхности – растительность, почвы, вода – по-разному отражают падающее на них излучение в разных зонах электромагнитного спектра (рис. 86). Кривой спектральной отражательной способности называется график зависимости спектральной отражательной способности объекта от длины волны (рис. 87).

Вид этой кривой позволяет изучить спектральные характеристики объекта и имеет большое значение при выборе спектрального диапазона, в котором будет проводиться сбор данных дистанционного зондирования для определенной исследовательской задачи. Отражательную способность можно измерить в лабораторных или полевых условиях с помощью спектрометра.

### Разрешающая способность систем дистанционного зондирования

**Спектральное разрешение** дает характеристику способности системы дистанционного зондирования различать определенные интервалы длин волн (рис. 88). Чем выше спектральное разрешение, тем более узкий диапазон длин волн регистрируется определенным каналом.

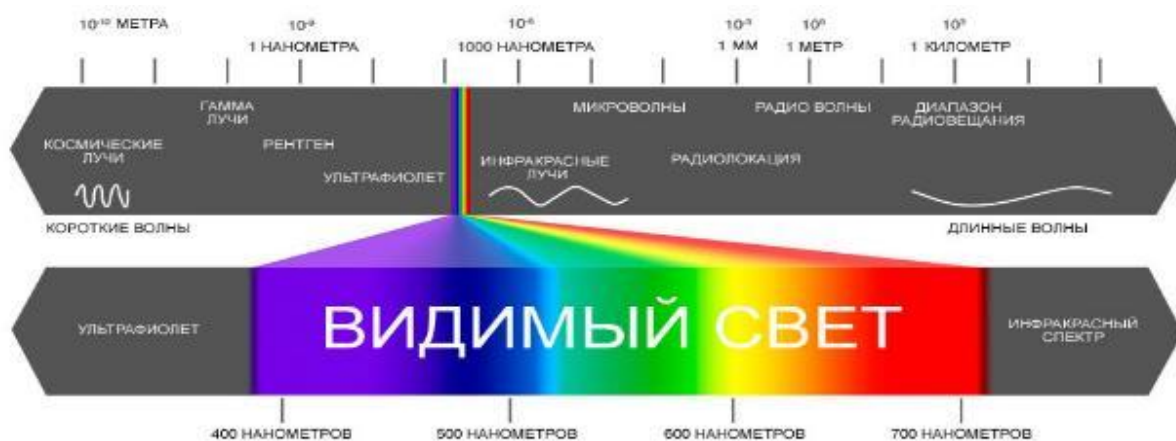


Рис. 88. Спектральное разрешение

### Пространственное разрешение

Под пространственным разрешением обычно понимают размер на местности минимального элемента изображения – пиксела. Космические снимки варьируют по разрешению от низкого, измеряемого километрами, до очень высокого, субметрового (рис. 89).



Рис. 89. Космические снимки с разным разрешением

Изображение высокого разрешения состоит из большого количества мелких точек и имеет хорошую четкость. Изображение низкого разрешения состоит из меньшего количества более крупных точек и может быть недостаточно четким (рис. 90).

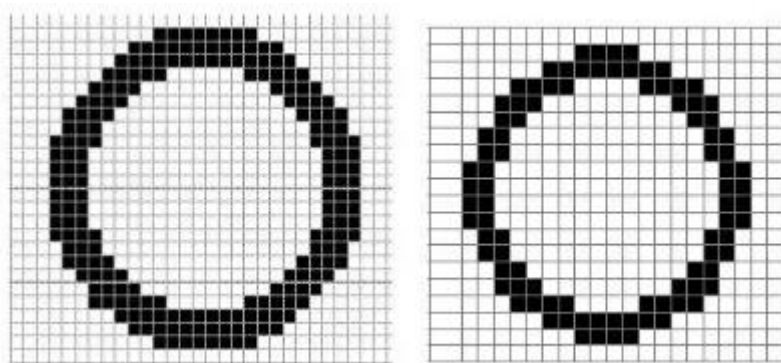


Рис. 90. Изображение высокого и низкого разрешения

**Land Viewer | EOS (URL: <https://eos.com/landviewer/>).** Сервис помогает находить космические снимки на определенную территорию и работать с ними.

Позволяет просматривать и анализировать текущие и прошлые данные дистанционного зондирования Земли, проводить измерения и обработку изображений.



**EO Browser (URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>).** Полный архив Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, ESA, архив Landsat 5, 7 и 8; глобальное освещение Landsat 8, Envisat Meris, MODIS, Proba-V и GIBS в одном месте.

Позволяет просматривать и сравнивать изображения полного разрешения из этих источников.



**Электро-Л (URL: <http://electro.ntsomz.ru/>).** Планета Земля за последние сутки.

Спутники Электро-Л № 1, Электро-Л № 2, Электро-Л № 3 – российские спутники гидрометеорологического обеспечения второго поколения предназначены для оперативного получения изображений облачности и подстилающей поверхности Земли, проведения гелиогеофизических измерений, сбора и ретрансляции гидрометеорологической и служебной информации.



**Landsat LookViewer** (URL: <https://landsatlook.usgs.gov/>). Спутниковая программа Landsat, запущенная Геологической службой США и Национальным управлением по аэронавтике и космонавтике, начиная с 1972 г. непрерывно собирает космические снимки нашей планеты. Снимки спутников Landsat бесплатные, имеют пространственное разрешение 15 м/пиксель и периодичность съемки 10–15 дней.



## РАБОТА С ДАННЫМИ ДЗЗ

Каждый, кто сегодня работает в лесной отрасли, на собственном опыте знает, как сильно востребованы в настоящее время цифровые технологии. Устраивать леса, собирать информацию об их состоянии и обрабатывать эти данные – очень трудоемкая задача, особенно для малозаселенных территорий Сибири и Дальнего Востока. На помощь специалистам приходят технологии ДЗЗ, когда информацию о лесах получают с помощью летательных аппаратов.

В настоящее время наиболее распространенным методом ДЗЗ является получение космических снимков. Однако для исследования и сбора информации в наиболее лесных районах Европейской территории России используются и аэрофотосъемка. Современные технологии позволяют «видеть» с помощью таких данных лесные вырубки, пожары, ветровалы, крупные вспышки численности вредителей. Они позволяют определять площади угодий, строить 3D-карты рельефа местности, узнавать таксационные характеристики насаждений.

Съемочное оборудование спутника отличается от привычных для нас фотоаппаратов и камер телефонов. Сенсоры спутника получают более полную информацию за счет расширенного диапазона съемки. Если камера телефона фиксирует только видимый свет, то камера летательного аппарата снимает также и невидимое для человека излучение – ультрафиолетовое, инфракрасное, тепловое и т. д. Поэтому в настоящее время быстрыми темпами развиваются географические информационные системы (далее – ГИС) – средства обработки и анализа данных ДЗЗ, в том числе в сфере лесного хозяйства.

Геоинформатика – наука, технология и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию, эксплуатации и использованию географических информационных систем, по разработке геоинформационных технологий, по приложению ГИС для практических и научных целей.

Одна из основных функций ГИС – создание и использование компьютерных (электронных) карт, атласов и других картографических произведений. Основой любой информационной системы служат данные. Данные в ГИС подразделяются на пространственные, семантические и метаданные (табл. 23).

Таблица 23

### Характеристика данных в ГИС

Пространственные данные	Семантические (атрибутивные) данные	Метаданные
Данные, описывающие местоположение объекта в пространстве. Например, координаты угловых точек здания, представленные в местной или любой другой системе координат. В ГИС существует 4 типа представления пространственных данных: растровый, векторный, облако точек, 3D-данные	Данные о свойствах объекта, например, адрес, кадастровый номер, этажность и прочие характеристики здания	Данные о данных. Например, информация о том, кем, когда и с использованием какого исходного материала в систему было внесено здание

ГИС предназначены для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой и территориальной организацией.

Для работы с этими данными требуется специальное программное обеспечение. Но некоторые работы можно выполнять непосредственно в Интернете.

**Геомиксер (URL: <https://geomixer.ru/>).** GeoMixer – веб-геоинформационная платформа для широкого спектра задач, позволяет организовать хранение, визуализацию, анализ, обработку, а также выполнять другие операции с пространственными данными. То, что раньше делалось с помощью десктопных ГИС, теперь доступно в вебе, ведь платформа позволяет создавать карты прямо в сети.



## Дешифрирование

*Дешифрирование*, согласно простой формулировке, означает «процесс распознавания объектов, их свойств и взаимосвязей по их изображениям на снимке». Согласно более полному определению, дешифрирование – это процесс изучения по аэро- и космическим изображениям территорий, акваторий и атмосферы, основанный на зависимости между свойствами дешифрируемых объектов и характером их воспроизведения на снимках.

Главное назначение дешифрирования снимков – получение смысловой информации об элементах (объектах) местности. Немаловажное значение имеет и определение количественных характеристик объектов местности.

Дешифрирование аэроснимков включает в себя следующие этапы:

- обнаружение;
- распознавание;
- определение характеристик объектов по их фотоизображению.

**Назначение каждого этапа описано ниже:**

1) обнаружение – первый (начальный) этап дешифрирования. Смысл его состоит в поиске на аэрофотоснимке участков, где вероятнее всего изображены искомые объекты местности. На данном этапе никакого толкования (интерпретации) характера изображения не происходит. Решается задача вероятностного отнесения изображения к одной из двух категорий: «сигнал» (полезная информация) – «шум» (ненужная информация);

2) распознавание – следующий (второй) этап дешифрирования. Смысл этого этапа заключается в определении «сущности» изображенных и обнаруженных на снимке объектов. Различают два подхода к распознаванию: интерпретационный и формальный:

а) интерпретационный подход определяет функциональное предназначение объекта, его роль среди окружающих объектов, т. е. дается толкование физической и социальной сущности каждого объекта;

б) формальный подход предусматривает простое разделение объектов на классы, установленные заранее. В ходе предварительной классификации дается толкование (описание) каждому из установленных классов. Нет четкого разделения во времени между этапами обнаружения и распознавания, они протекают, как правило, практически одновременно;

3) определение характеристик «вскрытых» объектов – третий этап дешифрирования. В ходе его осуществляется анализ и обобщение количественных и качественных характеристик объекта. Они определяются путем измерения параметров фотоизображений: геометрических размеров, параллаксов, плотностей. В результате оценки характеристик (информации) удастся выяснить состав древесных пород в лесу, характер грунтов, материал покрытия дорог, линейные размеры объектов, расстояние между объектами и т. д.



Все три этапа имеют большое значение для успешного дешифрирования. Наиболее важен этап «распознавание». На этом этапе обретается начальная, «смысловая» информация. На предыдущем этапе (обнаружение) готовится «почва» для успеха распознавания, а затем результаты распознавания конкретизируются, дополняются и облекаются в удобную для использования форму.

Аэрокосмические снимки содержат много разнообразной информации о местности. Однако объекты на них предстают в непривычном виде и поэтому часто остаются нераспознанными неподготовленным наблюдателем. Но научиться читать снимки можно так же, как буквы или ноты. Чтение аэрокосмических снимков называется дешифрированием.

Характерные особенности сфотографированных объектов местности, по изображениям которых они опознаются на аэроснимках, называются демаскирующими признаками. К ним относятся форма, размер, детали, спектральная отражательная способность (цвет) и тень объекта, а также их положение, взаимосвязь и проявление деятельности.

*Дешифровочными признаками* фотоизображений объектов называются демаскирующие признаки объектов в том виде, в котором они отобразились на аэроснимке: форма, размер, наличие деталей, тон, цвет, структура изображения и др. Данные признаки дают возможность различать фотографические изображения аэроснимков. В них проявляются характерные особенности фотоизображений. С распознавательной точки зрения дешифровочные признаки – это те же демаскирующие признаки в виде, передаваемом аэрофотоснимком. Дешифровочные признаки являются средством изучения, сопоставления и различия фотоизображений объектов.

Демаскирующие и дешифровочные признаки разделяются на прямые и косвенные (табл. 24).

Таблица 24

#### Прямые и косвенные демаскирующие и дешифровочные признаки

Прямые признаки	Косвенные признаки
Те свойства объектов, которые передаются непосредственно и воспринимаются дешифровщиками на снимках. К ним относятся форма, размер, тон (цвет), структура (рисунок), текстура, тень (форма и величина) изображения объектов	Основываются на возникших в природе закономерных взаимосвязях пространственного размещения отдельных объектов или комплексов объектов местности. Они указывают на наличие или характеристику объекта, не изобразившегося на аэроснимке или не определенного по прямым признакам. Косвенные дешифровочные признаки проявляются в приуроченности местоположения одних объектов к другим, а также в изменении свойств одних объектов в результате влияния на них других. Причиной приуроченности является взаимосвязь объектов, а иногда взаимозависимость одних объектов от других
Присущи самим объектам и их фотоизображениям. Это конкретные характеристики свойств объектов и их фотоизображений. Они лежат «на поверхности» и определяются простыми способами путем наблюдения и измерения фотоизображений, поэтому прямые признаки широко используются при дешифрировании	Косвенные дешифровочные признаки непосредственно к объекту не относятся. Сами по себе они не обеспечивают распознавание объектов, они указывают на наличие объекта, не определяемого по прямым признакам или не изобразившегося на аэроснимке (например, туннель опознается по разрыву фотоизображения железной дороги, пересекающей гору), способствуют устранению неоднозначности решений, принятых по результатам анализа прямых признаков, позволяют получать дополнительные характеристики объектов
Форма, размер, детали, структура, тон (цвет) и тень	Местоположение (размещение) объектов, взаимосвязь объектов и результатов хозяйственной деятельности человека, в том числе следы работы техники и машин
Прямые признаки без привлечения других данных с той или иной степенью достоверности обеспечивают непосредственное распознавание объектов. Чем больше вскрыто прямых признаков, тем достовернее результат дешифрирования	Найти на аэроснимке косвенные признаки объектов сложнее, чем прямые. Косвенные дешифровочные признаки основаны на существующих в природе закономерных взаимосвязях пространственного размещения отдельных объектов или комплекса объектов или между природными объектами и результатами хозяйственной деятельности человека

Прямые дешифровочные признаки часто недостаточны для дешифрирования по следующим причинам:

1) объекты или их характеристики не изобразились на аэроснимках (например, подземные сооружения, назначение построек);

2) объекты не имеют определенных устойчивых дешифровочных признаков, один и тот же признак соответствует различным объектам (например, прямоугольную форму может иметь жилой дом, сарай, баня, гумно);

3) один и тот же объект имеет различные дешифровочные признаки (например, водная поверхность в зависимости от освещенности и мутности изображается разными тонами).

Часто выделяют еще *комплексные дешифровочные признаки*, к которым относят сочетание в определенной закономерности прямых признаков объектов, образующих природно-территориальные комплексы. К ним относятся: соотношение площадей, занятых различными объектами; соотношение числа различных объектов; пространственная ориентация и характер распределения различных объектов; сочетание и видоизменение форм отдельных объектов по определенному закону тонов различных объектов. Комплексные признаки связаны со структурой объектов или рисунком аэрофотоизображения, отражающего характер ландшафта. Поэтому дешифрирование по комплексным признакам называют ландшафтным.

Демаскирующие и дешифровочные признаки также делятся на *постоянные и временные*. Постоянными признаками являются форма, размер, структура, местоположение и взаимосвязь объектов; временными – детали, тон и цвет, тень, следы деятельности объектов. Временных признаков может и не быть.

### Прямые дешифровочные признаки

Основным прямым признаком, по которому устанавливается наличие объекта и его свойства, является **форма** изображения. Зрительная система наблюдателя в первую очередь выделяет именно очертания предметов, их форму. Вид внешнего контура (форма) объекта – главный прямой признак искусственных объектов, поскольку для них, как правило, характерны геометрически правильные очертания.

Элементы формы присущи и естественным образованиям: руслам рек и озерам, границам лесов, лугов и др. Однако эти формы, как правило, далеки от формы правильных фигур.

Различают геометрически определенную и неопределенную форму. Первая служит надежным дешифровочным признаком, относится к искусственным сооружениям (постройки, мосты и др.). Вторая характерна для многих природных объектов площадного типа (луга, леса, пашни и др.) и часто не может служить определенным дешифровочным признаком. Еще различают компактную, линейную (вытянутую), плоскую и объемную формы. Особенность рисунка вытянутой формы часто является важным дешифровочным признаком (по характеру извилистой формы можно отличить дорогу от реки). Пространственная форма объекта является надежным дешифровочным признаком для опознавания искусственных и природных объектов.

**Размер** – менее определенный, чем форма, дешифровочный признак. Только в некоторых случаях по размеру можно опознать дешифрируемые объекты. Размеры объектов и их изображения являются основным критерием различия между ними, если их форма примерно одинакова. Часто по размерам косвенным путем получают характеристику объекта (назначение постройки, грузоподъемность моста и др.). Чтобы правильно дешифрировать аэроснимки, необходимо учитывать соотношения размеров объектов. Например, по ширине полотна дороги можно отличить шоссе от автострады.

**Тон** (степень почернения) фотоизображения объектов позволяет выделить объект на окружающем фоне. Все многообразие цветов объектов местности передается различными цветами и тонами различной плотности, что позволяет отличать одни объекты от других. Тон фотоизображений признак весьма переменный и зависит от многих причин. Например:

- отражательная способность объекта (предмета): чем интенсивнее он отражает световые лучи, тем светлее его изображение на аэроснимке;

- освещенность предмета, чем больше освещен он, тем светлее его изображение на аэроснимке; наибольшую освещенность имеет та часть предмета, на которую солнечный свет падает отвесно;

- структура (внешнее строение) поверхности объекта: чем глаже поверхность, тем светлее она получается на аэроснимке (грунтовая дорога, проложенная через вспаханное поле изобразится значительно светлее пашни, несмотря на то, что их цвет в натуре почти одинаков);

- время года, когда выполнялась аэрофотосъемка: летом большое разнообразие цветов и тонов и на аэроснимке тон одного объекта может быть похожим на тон другого; осенью и весной из-за влажности аэроснимки получаются более пестрого и темного тона.

**Цвет** изображения объектов при аэрофотосъемке отличается относительно большим постоянством, чем тона на черно-белых снимках. Различия в фактуре поверхности объектов и условия съемки вызывают преобразования не в цветах аэрофотоизображения, а только в их насыщенности и яркости и то в незначительной степени. Цветовых различий в изображении объектов на аэроснимках во много раз больше, чем различий серых тонов.

При дешифрировании цветных аэроснимков следует учитывать факторы, отклоняющие цвета от натуральных. Цвета объектов изменяются при изменении высоты Солнца. Они также искажаются в процессе фотообработки. С удалением аэрофотоаппарата (далее – АФА) от объекта гамма цветов тоже сокращается.

Изображение **тени** объектов на аэроснимке является противоречивым дешифровочным признаком. В одних случаях только по тени можно опознать объект или же получить важные характеристики его, в других случаях тень мешает дешифрированию, закрывая объекты или их детали, и тогда она является информационным шумом. Различают собственные и падающие тени (рис. 91).

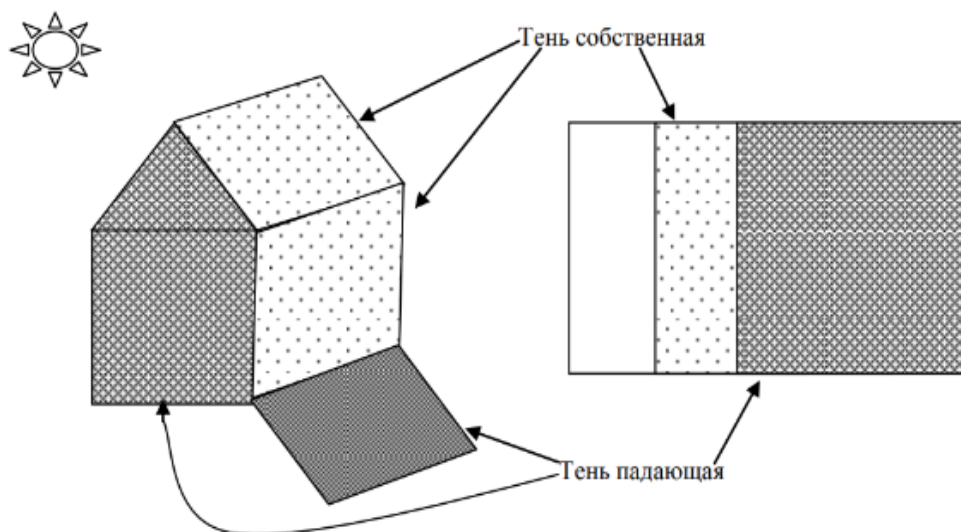
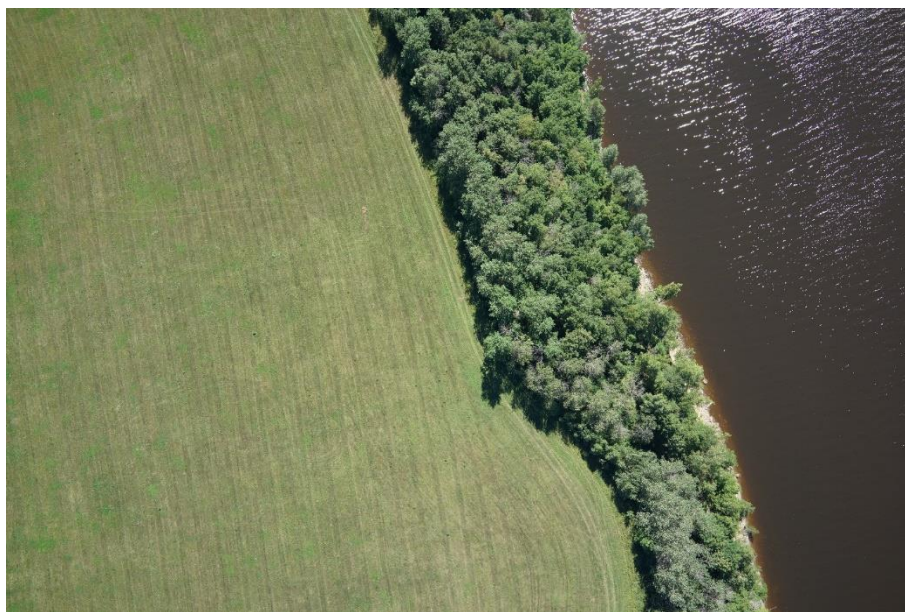


Рис. 91. Тени от объекта и их изображение на аэроснимке

Собственной называется тень, покрывающая часть объекта, не освещенную солнцем. Наличие собственной тени подчеркивает объемность объекта. Резкие границы между освещенными и затененными частями свидетельствуют о наличии угловатых изгибов поверхности объекта. Плавные изгибы поверхности передаются постепенными переходами от света к тени.

Тень, которую объект отбрасывает на земную поверхность, называется падающей. Такие тени передают форму объектов в виде, близком к привычному, и в ряде случаев они являются единственным дешифровочным признаком. Вытянутые вверх объекты лучше всего дешифрируются по падающим теням. Однако между формой тени и формой объекта при виде сбоку нет абсолютного подобия, так как тени на земную поверхность проектируются косыми лучами. При наличии рельефа тени искажаются: в зависимости от направления наклона местности они удлиняются или укорачиваются.

**Структура** (вид рисунка) поверхности объектов местности и их изображения на аэро- снимке представляет собой множество изображений однотипных деталей и может рассматри- ваться как сочетание, совокупность нескольких признаков (тон, размеры, форма, взаимополо- жение и др.), образующих поверхность объекта. Это сложный признак, объединяющий все другие. При этом структура характеризуется также и новыми свойствами, обусловленными повторяемостью, размещением и количеством этих непосредственно распознаваемых деталей. Этот признак является очень устойчивым, на него в меньшей степени, чем на другие признаки влияют свойства полученных аэроснимков. Например, на рис. 92 отражена специфическая и довольно легко дешифрируемая структура лесного массива и водной поверхности.



**Рис. 92. Структура лесного массива и открытого участка – поля и водной поверхности (аэрофотоснимок)**

Например, внешний вид поверхности леса образуют кроны деревьев. На аэроснимке изображение леса выглядит в виде зернистой структуры. Характер этой структуры обусловлен главным образом формой кроны, ее размером и сомкнутостью. По характерной крупнозернистой структуре изображения хорошо дешифрируются леса, по мелкозернистой – поросль леса, по геометрически правильной структуре – фруктовые сады, посадки ягодных кустарников, технических культур. Геометрически правильную структуру изображения могут иметь также населенные пункты – квартальную прямоугольную. Часть объектов характеризуется ровной или гладкой структурой, т. е. их изображение на аэроснимках не содержит рисунка. Примером такой структуры могут быть контуры однородной травянистой растительности, моховой покров, однородные обнаженные грунты, водоемы, асфальтовые и другие покрытия.

### **Косвенные дешифровочные признаки**

Вскрытие по аэроснимку того или иного объекта часто вызывает необходимость поиска других «сопутствующих» элементов местности и специальных объектов и наоборот. Известна тесная связь между составом и характеристиками леса, влажностью и типом почвы. На песчаных и подзолистых почвах средней и малой влажности произрастают главным образом хвойные леса. Лиственные леса чаще встречаются на жирных почвах. Таким образом, по результатам дешифрирования лесных массивов можно судить о характере грунта, почвы, грунтовых вод и других элементов среды.

По приуроченности и местоположению опознаются:

1. Объекты, прямые признаки которых проявляются недостаточно четко или не в полной мере (объект не распознается). Например, жилые постройки от нежилых в сельской мест-



ности отличаются по расположению ближе к улице, чем нежилые (рис. 93). Дороги и тропы, подходящие к реке и начинающиеся на другом берегу, позволяют судить о наличии переправы (паром, лодочные перевоз), или о наличии пешего, конного, др. брода. Скопление судов у берегов говорит о наличии пристани, по внешнему виду судов можно судить о типе пристани (грузовая, пассажирская и др.), глубине реки и т. д.



**Рис. 93. Расположение жилых и заброшенных домов**

2. Объекты, закрытые, замаскированные другими объектами. Например, если известно, что в мохово-пушицевых болотах пушица всегда сопровождается мхом, то по пушице, изображающейся белым тоном, можно уверенно дешифровать мох.

3. Объекты, появляющиеся (функционирующие) во время, не соответствующее времени аэрофотосъемки. Примером могут служить пересыхающие летом водоемы, которые дешифрируются по наличию котловинообразных понижений, при условии, если известно, что весной эти котловины заполняются водой.

Взаимосвязь объектов, как демаскирующий (дешифровочный) признак проявляется в изменении прямых признаков объекта под воздействием на него других объектов. По изменениям в свойствах одних объектов в результате влияния на них других недешифрируемых объектов опознаются:

1. Объекты, замаскированные (закрытые) другими объектами. Например, наличие заболоченных участков в лесу отражается на форме полога леса. Леса на болотах угнетенные, поэтому имеют меньшую высоту деревьев, более светлые и мелкие кроны и меньшую сомкнутость крон, чем в нормально произрастающих лесах. Это позволяет по форме полога леса распознавать заболоченные участки в лесах.

2. Отсутствующие на поверхности земли объекты оказывают влияние на свойства маскирующих (закрывающих) их объектов, в результате чего прямые признаки этих объектов изменяются. В связи с этим такие объекты довольно часто могут быть установлены по особенностям прямых признаков маскирующих их объектов. Например, подземные осушительные сети изменяют условия влажности почвы. Там, где заложены осушительные дрены, почва над ними изображается более светлым тоном, чем на промежуточных между этими дренами участках. Светлые полосы позволяют уверенно отдешифровать дренажную сеть.

*Использование косвенных признаков дешифрирования объектов, когда отсутствуют прямые признаки, в каждом конкретном случае производится на основе географической изученности района с учетом вероятности появления того или иного признака.*

## Комплексные дешифровочные признаки

В некоторых случаях, особенно при отраслевом дешифрировании, удобно заранее составлять комбинации прямых и косвенных признаков, с помощью которых можно охарактеризовать значительные совокупности объектов.

Знание географических особенностей района работ позволяет при необходимости вводить поправки в изображение тех объектов, которые испытывают сезонные изменения, если фотографирование выполнено не в том сезоне, которому приурочивается их изображение на картах (например, заполненное водой озеро изображается на аэроснимке пересыхающим, если известно, что большую часть лета озеро стоит без воды).

В конечном итоге, без знания географических особенностей района работ невозможно установить косвенные и комплексные дешифровочные признаки, применение которых значительно расширяет возможности камерального дешифрирования аэроснимков.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Любое исследование или проект в итоге представляется в определенной форме: работа на конкурс, доклад на конференции, презентация, постер, научная статья.

**Исследование** – деятельность, направленная на получение новых знаний о существующем в окружающем мире объекте или явлении. Результат исследования заранее не известен, поэтому его цель – определить, изучить, получить данные. При этом практическая применимость полученных данных не имеет определяющего значения.

Научное исследование – процесс выработки новых научных знаний, один из видов познавательной деятельности.

Исследовательская деятельность учащихся – образовательная технология, использующая в качестве главного средства учебное исследование, предполагает выполнение учебных исследовательских задач с заранее неизвестным решением, направленных на создание представления об объекте или явлении окружающего мира под руководством специалиста.

В процессе исследовательской деятельности учащиеся получают субъективно новые знания.

Этапы проектно-исследовательской работы:

1. Выявление и постановка проблемного вопроса.
2. Изучение теории, посвященной данной проблеме.
3. Подбор методик исследования и практическое овладение ими.
4. Сбор собственного материала, его анализ и обобщение.
5. Научный комментарий.
6. Собственные выводы.

Научная новизна и практическая значимость не могут быть критериями результативности учебного исследования, ими являются уровень освоения навыков исследовательской деятельности и новых знаний в этой области.

**Проект** направлен на создание того, чего еще не существует и предполагает наличие проектного замысла, который достигается в процессе его реализации. Поэтому цель проекта формулируется соответственно – создать, построить, достичь.

Исследование не ставит целью изменение окружающего мира, сосредоточившись на его познании. Проектирование – это создание новых, прежде не существовавших объектов и явлений или изменение известных объектов с целью получить у них новые свойства.

Уяснение учащимися разницы между проектом и исследованием являются очень важным, поскольку качество работ, выполненных в этих двух жанрах, оценивается по разным критериям.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамова Н. И., Мариничев Е. А. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы бакалавров по направлению подготовки Лесное дело. Н. Новгород : НГСХА, 2019. 49 с.
2. Актуализация стратегии социально-экономического развития Ханты-Мансийского автономного округа – Югры до 2030 года : реферат отчета о результатах научно-исследовательской работы. Т. 11. Лесопромышленный комплекс.
3. Антропогенные факторы и лес : лекция 13. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9733/1/lk-13.pdf> (дата обращения 25.12.2021).
4. Атмосферный воздух и лес : лекция 9. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9729/1/lk-9.pdf>.
5. Аэрофотосъемка и ее история. URL: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/complex-module/aerospace-foto/aerospace-foto.html> (дата обращения 25.12.2021).
6. Беляева Н. В., Григорьева О. И., Кази И. А. Лесоведение : метод указания. Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2018. 84 с.
7. Вертикальная зональность лесов. URL: <http://eko-forest.ru/vertikalnaya-zonalnost-lesov> (дата обращения 25.12.2021).
8. Взаимосмены основных лесообразователей : лекция 21. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9741/1/lk-21.pdf>.
9. Визуальное дешифрирование. URL: <https://mybiblioteka.su/tom2/10-60295.html> (дата обращения 25.12.2021).
10. Волкович А. П. Лесное семеноводство : тексты лекций для студентов. Минск : БГТУ, 2014. 107 с.
11. Географический атлас. URL: [https://geography\\_atlas.academic.ru/pictures/geography\\_atlas/map022.jpg](https://geography_atlas.academic.ru/pictures/geography_atlas/map022.jpg) (дата обращения 25.03.2022).
12. Геоинформатика. URL: <http://spbgtik.ru/book/5001.html> (дата обращения 25.12.2021).
13. ГОСТ Р 57258-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы беспилотные авиационные. Термины и определения (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 10.11.2016 № 1674-ст).
14. Гриднев А. Н., Гриднева Н. В. Основы лесной биогеоценологии: учеб. пособие. Уссурийск : ПГСХА, 2016. 213 с.
15. Гринпис : лесной форум. URL : <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=15592> (дата обращения 25.12.2021).
16. Густота древостоя. URL: <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s00/e0000678/index.shtml> (дата обращения 25.12.2021).
17. ДЗЗ. URL: [http://mapexpert.com.ua/index\\_ru.php?table=Menu&id=14](http://mapexpert.com.ua/index_ru.php?table=Menu&id=14) (дата обращения 25.12.2021).
18. Естественное изреживание древостоя. URL: <https://www.derev-grad.ru/lesovodstvo/estestvennoe-izrezhivanie-drevostoya.html> (дата обращения 25.12.2021).
19. Интеллектуальные системы. URL: <http://cendop.bmstu.ru/userfiles/docs/lecture%203.%20Intelligent%20systems%203.pdf> (дата обращения 25.12.2021).
20. Кищенко, И. Т. Лесоведение : учеб. пособие. М. : Юрайт, 2019. 392 с.
21. Классификация деревьев по классам роста (по Крафту). URL: <http://eko-forest.ru/klassifikaciya-derevev-po-klassam-rosta-po-kraftu> (дата обращения 25.12.2021).
22. Классификация лесов : лекция 14. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9734/1/lk-14.pdf> (дата обращения 25.12.2021).
23. Классификация типов лесных участков по экологическим факторам. URL: <http://eko-forest.ru/klassifikaciya-tipov-lesnyx-uchastkov-po-ekologicheskim-faktoram> (дата обращения 25.12.2021).
24. Климат и распространение лесов. URL: [https://bstudy.net/992946/agro/klimat\\_rasprostranenie\\_lesov](https://bstudy.net/992946/agro/klimat_rasprostranenie_lesov) (дата обращения 25.12.2021).

25. Кожухов Н. И., Обыденников В. И. Учение Г. Ф. Морозова о лесе – научные истоки устойчивого лесного хозяйства // Лесной вестн. 2008. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/uchenie-g-f-morozova-o-lese-nauchnye-istoki-ustoychivogo-lesnogo-hozyaystva> (дата обращения: 27.03.2022).
26. Колесниченко М. В. Лесомелиорация с основами лесоводства. М. : Колос, 1971. 239 с. URL: [https://big-archive.ru/biology/the\\_basics\\_of\\_forestry\\_forest\\_melioration/11.php](https://big-archive.ru/biology/the_basics_of_forestry_forest_melioration/11.php) (дата обращения 27.03.2022).
27. Лабоха К. В. Лесоведение : учеб. пособие. Минск : БГТУ, 2018. 264 с.
28. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 30.12.2021), (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
29. Лес. URL: <http://dendrology.ru/forest/item/f00/s03/e0003108/index.shtml> (дата обращения: 27.03.2022).
30. Лес. URL: <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s01/e0001399/index.shtml> (дата обращения: 27.03.2022).
31. Лесные культуры. URL: [http://forest.petrus.ru/courses/culturs/\\_culturs.htm?for\\_printinghttp://forest.petrus.ru/courses/culturs/\\_culturs.htm?for\\_printing](http://forest.petrus.ru/courses/culturs/_culturs.htm?for_printinghttp://forest.petrus.ru/courses/culturs/_culturs.htm?for_printing) (дата обращения: 27.03.2022).
32. Лесное хозяйство России : карты. URL: <https://geographyofrussia.com/karty-lesnoe-hozyajstvo-rossii/> (дата обращения: 27.03.2022).
33. Лесоведение : учеб. пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский ; Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2010. 432 с.
34. Лесохозяйственный регламент Черемховского лесничества Иркутской области. URL: <https://docs.cntd.ru/document/543733908/titles/9AUF5V>.
35. Лесоводство. Термины и определения : метод. пособие. пос. Игра : МБУДО Игринский районный ДДТ, 2013.
36. Мартынов А. Н., Мельников Е. С., Ковязин В. Ф., Аникин А. С., Минаев В. Н., Беляева Н. В. Основы лесного хозяйства и таксация леса : учеб. пособие. Санкт-Петербург : Лань, 2008. 372 с.
37. Мелехов И. С. Лесоводство. Москва : МГУЛ, 2003. 320 с.
38. Морфология леса. URL: [https://bstudy.net/990683/agro/morfologiya\\_lesa](https://bstudy.net/990683/agro/morfologiya_lesa) (дата обращения: 27.03.2022).
39. Никитина Н. А. Обзор современных методов исследования лесного покрова по данным дистанционного зондирования // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-sovremennyh-metodov-issledovaniya-lesnogo-pokrova-podan-nym-distantcionnogo-zondirovaniya> (дата обращения: 27.03.2022).
40. Об утверждении Правил ухода за лесами (зарег. в Минюсте РФ 29.08.2007 № 10069) : приказ МПР РФ от 16.07.2007 № 185.
41. Об утверждении Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России: приказ Рослесхоза от 15.12.1994 № 265.
42. Объединенная дирекция особо охраняемых природных территорий : сайт. URL: <https://ugraoopt.admhmao.ru/odoopt/photo/74948/> (дата обращения 25.12.2021).
43. Определение типа леса. URL: [https://ddtuhyugan.86.i-schools.ru/files/DO\\_20-21/EKOS/08.12.\\_EKOS\\_Opredelenie\\_tipa\\_lesa.pdf](https://ddtuhyugan.86.i-schools.ru/files/DO_20-21/EKOS/08.12._EKOS_Opredelenie_tipa_lesa.pdf) (дата обращения: 27.03.2022).
44. Памятка арендатора лесного участка. URL: [https://dlh44.ru/i/u/Low/pamyatka\\_arendatora\\_lesnogo\\_uchastka.pdf](https://dlh44.ru/i/u/Low/pamyatka_arendatora_lesnogo_uchastka.pdf) (дата обращения: 27.03.2022).
45. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : материалы ежегодной научно-практической конференции. Коломна, 2016. 274 с.
46. Подрост. URL: <http://dendrology.ru/books/item/f00/s00/z0000014/st009.shtml> (дата обращения: 27.03.2022).
47. Поздеев Д. А., Петров А. А. Таксация леса. Курс лекций : учеб. пособие. Ижевск : Ижевская ГСХА, 2012. 161 с.
48. Природа // Russia travel : национал. турист. портал. URL: <https://russia.travel/objects/286485/> (дата обращения 25.12.2021).



49. Применение ГИС при оценке объектов недвижимости. URL: <https://arhivinfo.ru/1-13543.html> (дата обращения: 27.03.2022).
50. Рубки ухода. URL: <http://lespromexport.ru/index.php/gorod/128-klassifikatsiya-derevev>.
51. Салтыков А. Н., Роговой В. И, Салогуб Р. В. Лесоведение, лесоводство, лесная типология (тестовые задания) : учеб.-метод. пособие. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2020. 141 с.
52. Седых В. Н. Лесные массивы и лесной покров // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2009. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesnye-massivy-i-lesnoy-pokrov> (дата обращения: 27.03.2022).
53. Смолоногов Е. П., Поздеев Е. Г., Алесенков Ю. М. Лесорастительное районирование Ханты-Мансийского автономного округа // Актуал. проблемы лесного комплекса. 2005. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 27.03.2022).
54. Спектральные библиотеки – источники данных по спектрам // ГИС и дистанционное зондирование. URL: <http://gis-lab.info/qa/spectrum-lib.html> (дата обращения 25.12.2021).
55. Тип леса и тип лесорастительных условий. URL: <https://90zavod.ru/les-2/tipy-lesa.html> (дата обращения 25.03.2022).
56. Типология леса : лекция 15. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9735/1/lk-15.pdf>.
57. Толстохатко В. А., Пеньков В. А. Дистанционное зондирование // Фотограмметрия и дистанционное зондирование : конспект лекций // Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. Харьков : ХНАГХ, 2013. 113 с.
58. Топографическое дешифрирование. Дешифрирование объектов земельного и городского кадастра : учеб. пособие по курсу. М. : МГУГиК, 2007. С. 123.
59. Фомина Н. В. Основы лесопаркового хозяйства : учеб. пособие // Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2020. 256 с.
60. Формирование леса : лекция 19. URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/9739/1/lk-19.pdf>.
61. Чураков Б. П., Чураков Д. Б. Лесоведение : учеб. Ульяновск : УлГУ, 2018. 259 с.
62. Шкала электромагнитных волн // Теоретические основы электротехники и электроники. URL: <http://bourabai.ru/toe/em-scale.htm> (дата обращения 25.12.2021).
63. Щетинский Е. А. Тушение лесных пожаров : пособие для лесных пожарных. Москва : ВНИИЛМ, 2002. 104 с.
64. Эдафические факторы. URL: <https://ru-ecology.info/term/19340/> (дата обращения: 27.03.2022).
65. Экология растений : конспект лекций по специальному курсу / Н. А. Лемеза. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/38546869.pdf>. (дата обращения 25.12.2021).
66. Экология и рациональное природопользование : тексты лекций. <https://core.ac.uk/download/pdf/76001042.pdf> (дата обращения 25.12.2021).
67. Электромагнитный спектр волн. Частоты и длины волн. Применение на практике // Sciencedebate. URL: <https://www.sciencedebate2008.com/elektromagnitnyy-spektr-voln-chastoty-i-dliny-voln-primeneniye-na-praktike/>(дата обращения 25.12.2021).
68. Яценков В. С. Твой первый квадрокоптер: теория и практика. СПб. : БХВ-Петербург, 2016. 256 с.

*Учебное издание*

## ЦИФРОВОЙ ЛЕСНИЧИЙ

Методическое пособие по реализации дополнительной  
общеобразовательной программы

Составитель  
Ахремчик Александра Михайловна

Редактор Ю. Р. Бобрус  
Верстка Е. А. Мельниковой

Подписано в печать 27.06.2022. Формат 60 × 84/8  
Усл. печ. л. 11,9. Уч.-изд. л. 9,8. Тираж 200. Заказ № 190

Оригинал-макет подготовлен и отпечатан  
в Издательском центре СурГУ  
Тел. (3462) 76-30-65, 76-30-66, 76-30-67

БУ ВО «Сургутский государственный университет»  
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,  
г. Сургут, пр. Ленина, 1  
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29

# **ЦИФРОВОЙ ЛЕСНИЧИЙ**

**Методическое пособие по реализации дополнительной  
общеобразовательной программы**

Сургут  
2022